



TITLE:

# 車載型音波探査装置の開発試作とその気象学的応用に関する研究

AUTHOR(S):

林, 泰一

---

CITATION:

林, 泰一. 車載型音波探査装置の開発試作とその気象学的応用に関する研究. 2003

ISSUE DATE:

2003-06

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/85139>

RIGHT:

車載型音波探査装置の開発試作とその気象学的応用に関する研究

(課題番号 1 2 3 5 4 0 0 4)

平成 1 2 年度～平成 1 4 年度科学研究費補助金 (基盤研究(A)(2)) 研究成果報告書

平成 1 5 年 6 月

研究代表者 林 泰一

(京都大学防災研究所)

京 都 大 学 図 書



1050709508

林泰一氏寄贈

附 属 図 書 館



はじめに

地上約1kmまでの高さの大気境界層は、人間のみならず動植物の活動が最も活発な領域である。また、大気と陸面や海面の間で熱・質量・運動の交換が積極的に行われてきた。これらの乱流輸送量を評価するさいに、地面に近く置いた数10mまでの高さまでは、観測系統に取り付けた超音波風速計などの乱流計測装置によって、風向・風速や気温、湿度などの気象要素の変動を測定して評価できる。その上層の数100mまでは、従来、 radiosonde などによって、行われてきた。しかし、この方法では連続した観測は困難であり、長期間で同

## 車載型音波探査装置の開発試作とその気象学的応用に関する研究

可聴域の音波パルスを送上から発射し、大気の流れ（課題番号12354004）

鉛直分布を測定するものである。さらに、この音波 Doppler フォーメーションから風速の鉛直分布を測定できるドップラーソナーが実用化された。音波パルスの送信部と受信部が別であるモノスタティック方式が最初に開発されたが、さらに開発が進んで、1つの送受信機に多数のスピーカを配列し、その位置を時間的に変化させて、音波パルスを送る方向に交互に変化できるフェイズグレイ（階位分割）方式のものが1980年代後半に開発、実用化された。これらの過程は、電波パルスを用いた境界層レーダーの開発過程と同じである。

現在のドップラーソナーは半固定式であり、その設置や設置には、時間、人手や費用の負担が大きく、稼働性に欠ける。このため、車載型ソナーの実用化を目的とする。この

平成12年度～平成14年度科学研究費補助金（基盤研究(A)(2)）研究成果報告書

立会だけでなくデータの監視や記録可能な簡易システムは改良した。この車載型ソナーの観測システムを、境界層レーダーなどを併用し、地上から高き気象要素や大気の流れのより大規模な変る異いを明らかにした。

平成15年6月

研究代表者 林 泰一

(京都大学防災研究所)

はじめに

地上約1 kmまでの高さの大気境界層は、人間のみならず動植物の活動が最も活発な領域である。また、大気と陸面や海面の間で運動量、顕熱、潜熱の交換が直接行われてきた。それらの乱流輸送量を評価するさいに、地面にごく近くの数10mまでの高さまでは、観測鉄塔に取り付けた超音波風速計などの乱流計測装置によって、風向風速や気温、湿度などの気象要素の変動を測定して評価できる。その上空の数100mまでは、従来、係留気球などによって、行われてきた。しかし、この方法では連続した観測は困難であり、各高度で同時観測を維持することは容易でない。この時空間分解能の悪さを克服し、連続した遠隔観測を可能にする音波探査機（ソーダー）が、1980年代に研究開発された。このソーダーは可聴域の音波パルスを地上から発射し、大気の乱れからの散乱エコーを受信して、気温の鉛直分布を測定するものである。さらに、この散乱波を複数個の受信機で受信し、そのドップラシフトから風速の鉛直分布を測定できるドップラーソーダーが実用化された。音波パルスの送信部と受信部が別であるモノスタティック方式が最初に開発されたが、さらに開発が進んで、1つの送受信機に多数のスピーカーを配置し、その位相を時間的に変化させて、音波パルスを3ないし5方向に交互に送受信できるフェイズドアレイ（開口合成）方式のものが1990年代後半に開発、実用化された。これらの過程は、電波パルスを利用した境界層レーダーの開発過程と同じである。

現在のドップラーソーダーは半固定式であり、その移動や設置には、時間、人手や費用の負担が大きく、機動性に欠ける。このため、車載型ソーダーの実用化を目的とする。このため、現在のドップラーソーダーを通常のトラック程度の自動車に交際できるように小型化する。さらに、通信回線を利用した遠隔操作を可能にして、設置撤収時以外は観測現場に立会わなくてもデータの監視や収録可能な観測システムに改良した。この車載型ソーダーの観測システムと、境界層レーダーなどを併用し、地上から高さ数kmまでの大気の構造の3次元的な振る舞いを明らかにした。

林 泰一



# 研究組織

研究代表者 林 泰一（京都大学防災研究所）  
 研究分担者 石川裕彦（京都大学防災研究所）  
 研究分担者 堀口光章（京都大学防災研究所）  
 研究分担者 深尾昌一郎（京都大学宙空電波研究センター）  
 研究分担者 橋口浩之（京都大学宙空電波研究センター）  
 研究分担者 内藤玄一（防衛大学校地球科学科）  
 研究分担者 岩田 徹（岡山大学環境理工学部）  
 研究分担者 伊藤芳樹（（株）カイジョー研究開発本部）

# 研究協力者

大澤輝夫（岐阜大学工学部）  
 加藤 茂（京都大学防災研究所）  
 筆保弘徳（京都大学大学院理学研究科）

# 交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合 計
平成 12 年 度	20,500	0	20,500
平成 13 年 度	5,000	1,500	6,500
平成 14 年 度	6,000	1,800	7,800
総 計	31,500	3,300	34,800

## 研究発表

### (1) 学会誌など

Naito, G., Y.Ito and T.Hayashi : Strong Wind Features of the Lower Planetary Boundary Layer on a Complex Terrain, Proc. 10th Intern. Conf. On Wind Eng., 1999, pp.281-286.

Hayashi, T., Y.Ito : High Wind Structure during Typhoon Eye Passing in a Planetary Boundary Layer, Proc. 10th Intern. Conf. On Wind Eng., 1999, pp.213-220.

Ito, Y., T. Hayashi, F. Kobayashi, G. Naito and H. Hashiguchi: Wind Characteristics and Resources Evaluation over a Complex Terrain Using a Doppler Sodar, 5th Asia-Pacific Conf. on Wind Engineering, Kyoto (APCWE V), 2001, pp.661-665.

田中正昭, 宮田賢二, 米谷俊彦, 林 泰一, 伊藤芳樹, 堀口光章, 岩田 徹, 大橋唯太, 大原真由美, 宮下晃一, 橋口浩之, 手柴光博: 三次盆地における霧の集中観測 (第2報), 京都大学防災研究所年報, 第44号 B-1, 2001, pp.37-69.

Ito, Y., T. Hayashi, F. Kobayashi, G. Naito and H. Hashiguchi: Wind Characteristics and Resources Evaluation over a Complex Terrain Using a Doppler Sodar, J. Wind Eng., Proc. Fifth Asia-Pacific Conf. on Wind Eng. Kyoto, 2001, pp.661-664.

Hayashi, T. and Y. Ito : Development of a Mobile Acoustic Sounder(SODAR) and Its Application to the Field Observation, Proc. 11th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Technique of the Atmosphere and Oceans, 2002, pp.111-114.

Ito, Y., T. Hayashi and H. Hashiguchi: Wind Resources Evaluation over a Complex Terrain Using a Doppler Radar, Proc. 11th International Symposium on Acoustic Remote Sensing and Associated Technique of the Atmosphere and Oceans, 2002, pp.291-114.

### (2) 口頭発表

林 泰一: 車載型ソーダーの開発について, 日本風工学会年次大会, 2001年5月25日.

林 泰一: 車載型ソーダーの開発とその応用, 日本風工学会, 2002年5月22.

植松明久, 橋口浩之, 手柴光博, 田中久理, 平島弘一, 林 泰一, 深尾昌一郎: ミリ波ドップラーレーダー・ドップラーソーダーによる釧路における霧・霧雨の同時観測, 日本気象学会秋季大会, 2002年10月9-11日.



## 第1章 緒言

近年、メソスケール現象を解像可能な気象モデルの研究が進み、大気境界層内における高解像度の解析が可能になってくるにつれ、実地形に対応した複雑な気象場の構造が徐々に明らかにされつつある。当研究室においても、メソ気象モデル MM5 (5th-generation Mesoscale Model) を用いた大気境界層内の解析を行っており、現在、さらなる高解像度のシミュレーションや算出データの応用に関する研究に取り組んでいる。メソ気象モデルを用いて局地気象場の再現や予測を行うことは、大気境界層内の構造の解明にとどまらず、算出された風速や日射量などのデータを基にした風力や太陽光などの自然エネルギーのより効率的な利用など、自然共生型の社会基盤整備に大きく貢献できるであろう。

メソ気象モデルを用いた大気境界層内の再現計算を行うにあたって、計算値が実際の観測値と比較して、どれほどの精度があるのかを厳密に検証することが重要になってくる。しかし、気象庁の観測データを用いる場合、MM5 算出データの精度検証を厳密に行えない可能性がある。というのは、気象観測所の観測データは、MM5 の計算を行う上での入力データである気象庁メソ客観解析値の中に、もともとデータ同化されている可能性があるからである。また、アメダス観測点のデータは、立地条件やメンテナンスの不足等の理由により厳密な精度を保証できない恐れがある。

そこで本研究では、気象庁メソ客観観測値の中にデータ同化されていない、かつ、精度検証に耐え得る十分な精度を持った新たな検証データを得るために、ドップラーソーダを用いて現地観測を行った。風速計による観測に比べて、ドップラーソーダによる観測は、鉛直方向に連続的にデータを取ることができるという点でメリットがある。大気境界層を高度別に見ることによって、上空と地形の影響をより強く受ける地上付近とを段階的に比較することができるので、今後気象モデルを改良・発展させていく上で貴重な参考資料になるものと期待できる。

## 第2章 ドップラーソーダ観測

### 2.1 ドップラーソーダの測定原理

ドップラーソーダとは、音波を用いて、地上から1 km程度までの大気境界層内の風速観測を行うリモートセンシング装置である。電磁波を用いた装置（例えば境界層レーダ）では、観測高度が一般に数100mから数kmであり、大気境界層の最下層の領域を観測することができないが、音波を用いれば、最高観測高度が700m程度までに制限されるものの、高度数10mからの観測が可能である。また電磁波を用いた装置では、乱流により生じた屈折率の揺らぎによって後方散乱するエネルギーを受信するのに対し、ドップラーソーダ観測では、音波は気温や風速の変動領域を通過するときの温度変化によって散乱される音波を音響素子により受信する。そして受信時間のずれによって得られる各高度の信号をFFT（高速フーリエ変換）処理してドップラー周波数偏移を求め、各高度の音波出射方向の風速成分を計測する。

ドップラー効果を利用した測定方法は、ドップラー式

$$f_b = \frac{V - v_b}{V - v_a} \cdot f_a \quad (1)$$

（ $f_a$ ：出射周波数  $f_b$ ：受信周波数  $v_a$ ：出射装置速度  $v_b$ ：受信装置速度  $V$ ：音速）  
の関係で示されるように、出射装置または受信装置が音波出射方向成分をもって移動している場合、出射した音波の周波数と受信した音波の周波数の間には、いくらかの偏移が生じる。ドップラーソーダ観測の場合は、固定された出射装置より音波を出射して後方散乱された音波を固定された受信装置で受信するので、ドップラー周波数の偏移は後方散乱されるとき風の速にのみ作用され、

$$f_b = \frac{V - v}{V + v} \cdot f_a \quad (2)$$

（ $f_a$ ：出射周波数  $f_b$ ：受信周波数  $v$ ：出射方向成分の風速  $V$ ：音速）



という関係式となり、偏移を基に出射方向成分の風速を計測することができる。

水平方向の風速と風向を得るためには、20度の角度で観測装置の前、後、右、左の順に4方向出射する。前-後方向(X軸方向)への出射で得られた値の水平方向成分 $u_1$ ,  $u_2$ を平均してX軸方向成分 $u$ , 右-左方向(Y軸方向)への出射で得られた値の水平方向成分 $v_1$ ,  $v_2$ を平均してY軸方向成分 $v$ を求めて、得られた2つの軸方向成分 $u$ と $v$ より水平方向風速 $U$ を得る。また、風向(北を $0^\circ$ として右回りの角度)はY+方向が向いている方角を測定しておき、X軸とY軸の成分値とY軸の向きより求める。鉛直風速を求めるためには、そのまま鉛直方向に出射し鉛直風速 $W$ を観測する。このように出射方向を変えることにより3次元的に風速ベクトルを決定することができ、立体的な大気境界層の気象観測を行うことができる。

## 2.2 2002年観測概要

今回の観測では、京都大学防災研究所が所有する車載型のフェーズドアレイ型ドップラーソダを用いた。鉛直と前後左右の5方向に送信間隔10秒で音波を出射し、50秒で1サイクルの観測を行った。ファイル出力データは、10分間の観測データを平均化し、出力した。10分間には5方向の観測を12サイクル行うので、12個の観測データを平均化していることになる。また、観測データのうちS/Nしきい値8を超えたデータのみを有効データとし、その割合をデータ取得率[%]として出力しているが、データの解析には、このドップラーソダの推奨値であるデータ取得率20%以上のデータを用いることとする。

図-2.2.1の地図上に観測を行った4地点を示す。このドップラーソダの仕様および出力データファイル値の詳細を表-2.2.1、表-2.2.2に示す。送信出力は、観測場所の環境に配慮した音量を用いるために、10段階のうちの適切なレベルを選択している。観測地ごとの設定出力レベルは、観測地および観測期間とともに表-2.2.3に示す。

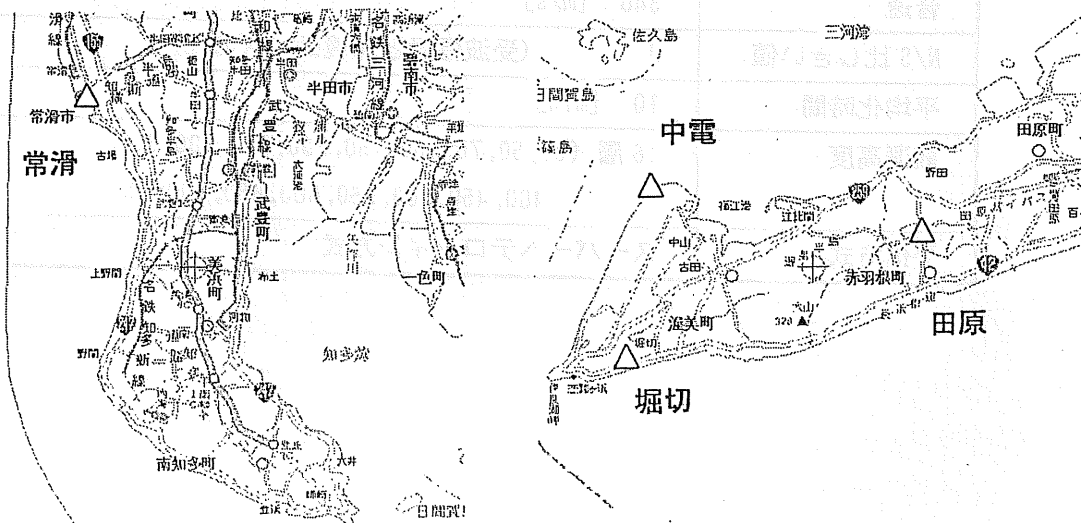


図-2.2.1 観測地点

表-2.2.1 ドップラーソーダの測定仕様

項目	仕様
測定方式	音波を用いたリモートセンシングによる3または5方向フェーズドアレイ方式（方向選択可）
測定項目	1) 高度別平均 風向( $\theta$ ), 風速( $U$ ) 2) " 成分風速( $V_x, V_y, W$ ) 3) " 標準偏差( $\sigma_w, \sigma_u, \sigma_\theta$ )
信号処理方式	受波スペクトル検知によるドップラーシフト量検出方式(FFT処理による)
風速演算精度	
水平成分	0.3[m/s] または風速の5[%] 以下
鉛直成分	0.2[m/s] または風速の5[%] 以下
風向演算精度	5[deg] 以下
表示分解能	
水平風速	0.1[m/s]
鉛直風速	0.01[m/s]
水平風向	1.0[deg]
送信周波数	2100[Hz]
送信最大出力	1100[W] <sub>max</sub> (10段階に設定可能)
送信パルス幅	10~350 [ms] (可変)
送信間隔	10 [s]
送信方向	5方向 (鉛直, 前後左右に傾斜角20°)
音速	340 [m/s]
N/S比しきい値	8 (受波信号と環境ノイズの比)
平均化時間	10 [min]
観測高度	16層 (30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700m)
受信方式	スーパーヘテロダイン方式



表-2.2.2 出力データファイル値

<i>time</i> :	観測時刻
<i>height</i> :	高度 (m)
$V_x$ :	X 軸成分風速 (m/s)
$V_y$ :	Y 軸成分風速 (m/s)
$U$ :	水平方向風速 (m/s)
$\theta$ :	風向 (deg)
$W$ :	鉛直方向風速 (m/s)
$\sigma_w, \sigma_u, \sigma_\theta$ :	標準偏差
$SNA, SNB, SNW$ :	受波信号と環境ノイズの比
$\#A, \#B, \#W$ :	有効データの取得率 (%)

表-2.2.3 観測地および期間，設定（送信出力レベル）

観測地	観測期間	出力レベル
田原(芦ヶ池付近)	7 月 2 日～7 月 29 日	3
中電（中部電力火力発電所内）	7 月 29 日～9 月 2 日	10
堀切(フラワーパーク付近)	9 月 2 日～9 月 9 日	10
常滑(市役所付近)	9 月 10 日～9 月 27 日	1

## 第3章 観測結果(田原, 中電, 堀切, 常滑)

### 3.1 データ取得率

ドップラーソーダでは音波を用いるという性質上、受波信号を取得すると同時に環境ノイズを受信してしまうのは避けられない。観測データの精度を保つためには、正確な受波信号を取得しなければならず、環境ノイズによる誤観測を防がねばならない。そのため、受波信号と環境ノイズの比にある程度のしきい値を設けて、このしきい値をクリアしたデータのみを観測データとして扱うことによって観測データの精度を保つものとする。今回の観測では、このドップラーソーダの推奨値(N/S しきい値 8)を用いている。

このように識別して得られた有効データの割合を有効データ取得率として、それぞれの観測地における有効データ取得率の鉛直分布を図-3.1.1 に示す。まず、上空ほど取得率が小さくなっていくことがわかる。これは音波の減衰性によるもので、観測高度が高くなるにつれ音波の伝播距離が長くなり、後方散乱されて戻ってくる音波が弱くなるためである。また、取得率の変化には、観測高度までの距離の問題とは別に環境ノイズの影響による問題が大きく作用する。前者の要因による変化についてはある程度予測が可能であるが、後者の要因による変化は予測しづらく、また前者より影響が大きくなるので更なる注意が必要である。結局、受信する信号が小さくなれば環境ノイズとの区別が困難になり、また信号が十分大きくても環境ノイズの値が大きければ同様に困難になる。つまり、4地点での取得率の違いには送信出力だけでなく環境ノイズが大きく作用しており、それぞれに異なった傾向を示している。

ここで環境ノイズについて細詳に検討してみる。今回扱っている環境ノイズとは大気からの受波信号以外の音であり、観測地付近で生じる音だけでなく、観測に用いる出射音波の反響音までも含まれる。反響音は、高さのある人工構造物や地表面などによって発生する。観測を行った4地点すべてにおいて、観測距離が近く、高い取得率を得られるはずの最低高度 30m で 50m より低い取得率を示しているのは、地表面および装置自体による出射音波の反響によってノイズの値が大きくなってしまい、正確な受波信号を取得できなかった

たためであると考えられる。観測を行った 4 地点のうち、田原の観測地は開けた畑の中にあり、付近に構造物もほとんどなく静かな場所であったので、観測には最も適した場所であったと言える。地表面からの反響の影響を受けやすい最下層 (30m) 以外のデータは環境ノイズが少なく、観測高度の変化に伴った取得率の変化がきれいに表れている。中電と常滑では近くの鉄筋コンクリート構造物によると考えられる反響が見られ、開けた浜辺の堀切では波の音によるものと考えられる影響が見られる。これらの観測地点ではある特定の高度で急激に取得率が変化するなどの、田原で見られる滑らかな変化とは明らかに違う傾向が確認できる。

つぎに、有効データ取得率にも同様にしきい値を設け、そのしきい値の違いによって鉛直風速分布がどのように変化するかを図-3.1.2 に示す。図にはしきい値を設けない場合と、しきい値を 5 段階 (0%, 20%, 40%, 60%, 80%) に設定した場合について鉛直風速分布をプロットしている。上空では、取得率のしきい値を高く設定すると風速が徐々に下がってきてしまうことが分かる。また取得率を高く設定すればより正確な観測データを得られる、というわけではないこともわかる。取得率によって上空で大きく観測値が違ふのは、おそらく観測時に十分な受波信号を得ることができずに、環境ノイズの中の誤ったピークをドップラシフトとして検知してしまったためであろうと考えられる。従って、取得率のしきい値を変化させることで、信頼できる高度範囲をよりはっきりと確かめることができる。つまり、取得率の差によって観測データがあまり変わらない高度では、十分な受波信号により正確な観測が行われたものと考えることができる。

取得率による観測データに差がない高度でも、中電の高度 100~300m や常滑の 100m 付近のように、風速が突然小さくなっている高度がある。これは、付近の鉄筋コンクリート構造物からの反響音による誤観測だと思われる。特に中電では発電所内の建物や煙突 (200m) によるものと思われる反響が強く目立ち、風速分布が高度方向に大きく変化している。ドップラソーダでは出射音波が後方散乱されて音響素子に戻ってくるまでの時間のずれを利用して特定高度の風速を計測するので、音響素子に構造物による反響音が戻ってきてしまう時間帯では、環境ノイズが大きくなり、誤風速を検知しやすくなる。

堀切の観測では、全高度においてばらつきが多いが、これは他点に比べて観測期間が短く、平均するのに十分なデータがないからである。観測期間を十分延ばせば他と同様な傾向が現れるであろうが、環境ノイズとして海の波の音を大きく受ける場所なので他とは違う傾向を見せるかもしれない。

以上のことから、信頼できる高度範囲は、堀切と常滑では高度 70m 以下、観測条件の良かった田原と中電でも高度 100m 以下であると考えられる。

### 3.2 ドップラーソーダの観測精度

まずドップラーソーダの観測精度に関する簡単なチェックを行った。比較に用いたデータは、堀切での高度 30m のドップラーソーダ観測値と、1km 程度西に位置する国土交通省日出気象観測所の観測データである。日出気象観測所では高度 20m の観測鉄塔で 1 時間毎に風速を観測している。しかし、これらの 2 地点では観測場所と観測高度が多少違うので、その部分を考慮しなければならない。

時系列風速による比較を図-3.2.1、散布図による比較を図-3.2.2 に示す。風速時系列では、観測期間の毎正時の観測データをプロットしている。ドップラーソーダ観測データは多少欠測が目立つ期間もあるが、2 つの地点で観測された風速の変動には同様な変化傾向が見てとれる。また、散布図も比較的きれいな相関を示しており、ドップラーソーダの観測値が大きく誤差を含んでいる可能性はほとんどないと言える。ただし、国土交通省観測データに比べ、ドップラーソーダ観測データの方がやや大きな値を示している。これはドップラーソーダの観測高度が日出観測所の観測高度よりも 10m 高いからである。

### 3.3 時系列

ドップラーソーダ観測期間中の観測高度 30m~200m におけるスカラー風速、U 成分（東西成分）風速、V 成分（南北成分）風速をそれぞれ図-3.3.1、図-3.3.2、図-3.3.3 に示す。

図-3.3.1 を見ると、風速の日変化がきれいに見てとれる。短い時間の間に風の急激な変化が見られることが多く、1 時間という時間の長さは風速の傾向が変わってしまうのには十分な時間であることがわかる。また、その短い時間の中で、風が上空から徐々に強く吹き出し、地表付近から弱まっていく様々が見てとれる。7 月 10 日、15 日、25 日や 8 月 20 日、28 日などでは、秒速 15m 以上の風が多く観測されているが、これらは台風（それぞれ台風 6 号、7 号、9 号、13 号、15 号）の通過に伴うものである。

図-3.3.2 では、U 成分の値の風が意外と小さいことが分かる。風速成分が 15m/s 近くある台風接近時を除けば、風速の変化は緩やかであり、またその傾向もあまり顕著に表れていない。もともとの風速成分が小さいからでもあるが、上空と地上付近との風速差は非常に小さく、スカラー風速のグラフで現れていた上空と地上付近との風速差や急激な風速の変化は、U 成分よりも V 成分による風速の変化によって表れているようだ。

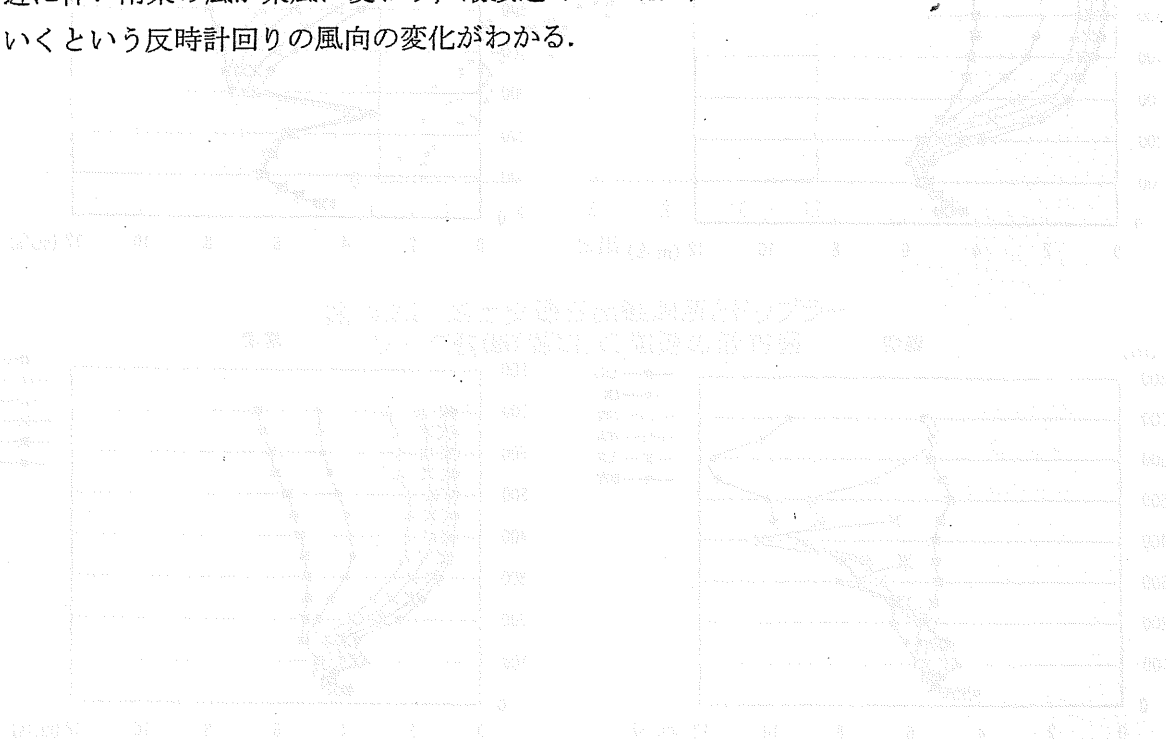
観測地付近の地形を広域的に考えると、南側に海、北側に陸がある配置構造なので、風の V 成分には海陸風の現象が見えてくるはずである。図-3.3.3 から分かるように、V 成分の風は U 成分に比べ大きい値をもっており、短時間での成分方向の変化や風速変化が頻繁に起こっている。特に多くの日で正午付近から日没後までの時間帯に南成分の強い海風を



観測できる。夜間に北寄りの弱い陸風が吹き、昼間に南寄りの強い海風が吹くという海陸風の現象がきれいに见られる日は、7月の始めや終わり、8月の始めなどに見られる。7、8月の中でこのような日の割合はとりわけ高いわけではなく、3、4日間晴天が続くような天候が安定しているときにだけ見られる。

観測データをベクトル表示したものを図-3.3.4に示す。高度によって風速が違っただけではなく、風向も多少変わっていることが分かる。高度が低くなるにつれてより強く地形面の摩擦の影響を受けるため、エクマンらせんの理論と同じく、少しずつ左回りにずれていく。正午付近から日没後までの時間帯には、あまり午前中までの風向には関わらず、ほぼ南付近からの風が吹いている。一日の風向の変化を見てみると、海陸風の現象がきれいに見える日は、早朝は東風で、正午過ぎには南風、夜から深夜にかけて西風から北風へと、時間が経つにつれ徐々に右回りに風向が変わっていくことが分かる。

他に一日中通してほぼ同じ方向に風が吹いている日もあるが、こういう日は台風などの大きな気象擾乱が接近している時が多い。このように台風の影響を受けるときには、台風通過に伴って風向の変化が見られる。特に7月10日(台風6号)や16日(台風7号)の場合は日本列島の南側に沿って観測地の近くを通過していったので、観測値にはっきりした影響が出ている。台風は反時計回りに風を巻き込みながら進んでいくので、台風の接近に伴い南東の風が東風になり、最接近時には北風、そして通過後に北西風に変化していくという反時計回りの風向の変化がわかる。



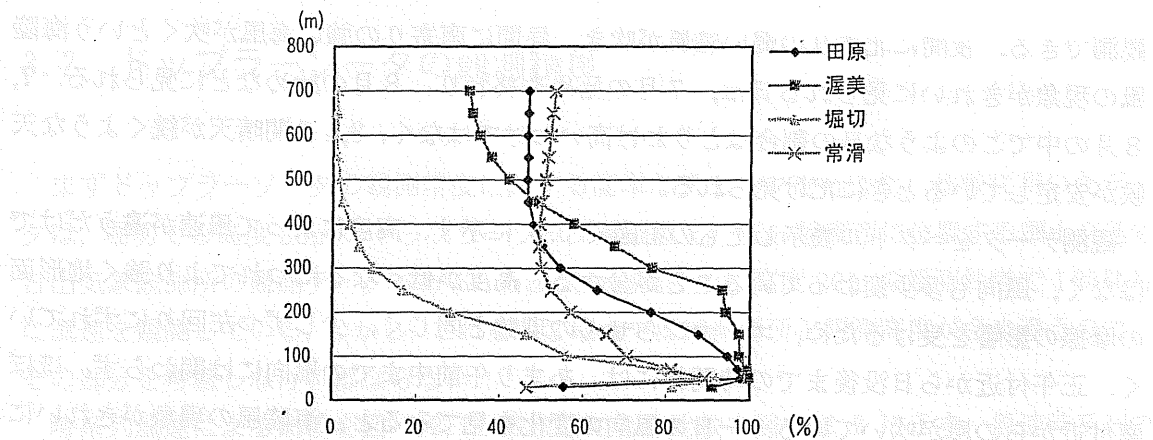


図-3.1.1 データ取得率の鉛直分布

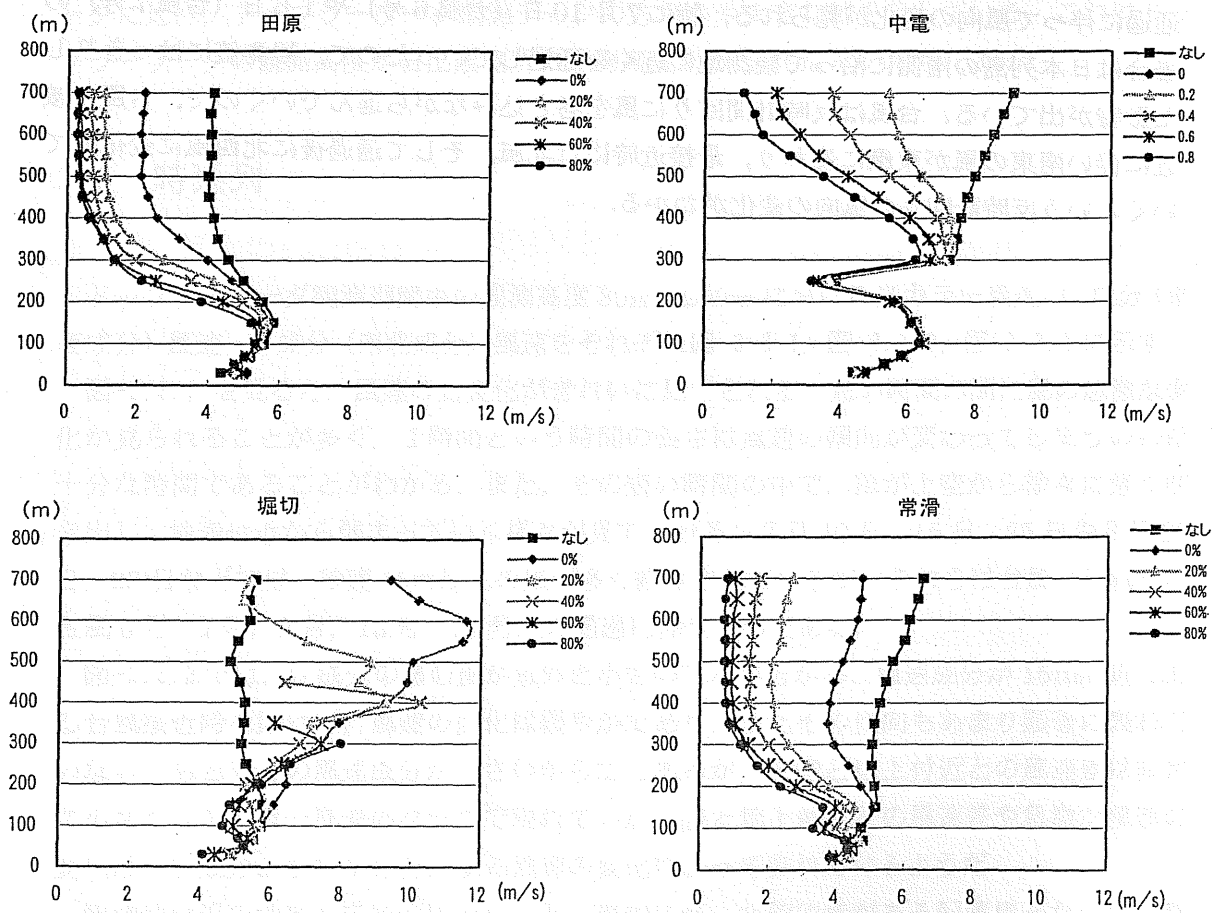


図-3.1.2 取得率のしきい値の違いによる鉛直風速分布の変化

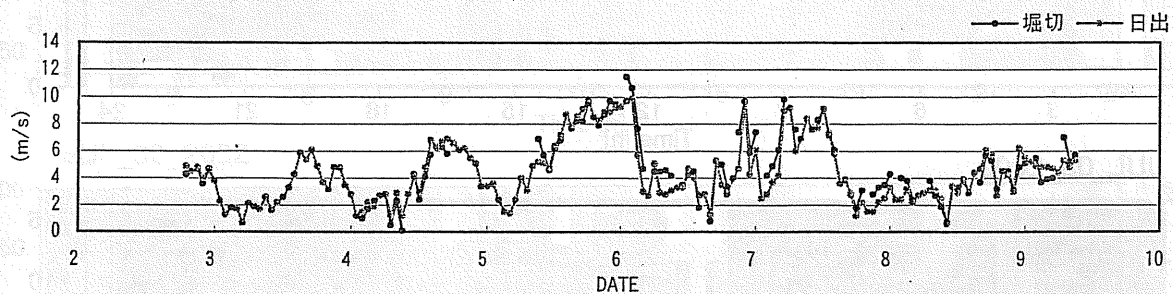


図-3.2.1 国土交通日出観測所とドップラーソーダ観測(堀切)の風速の時系列

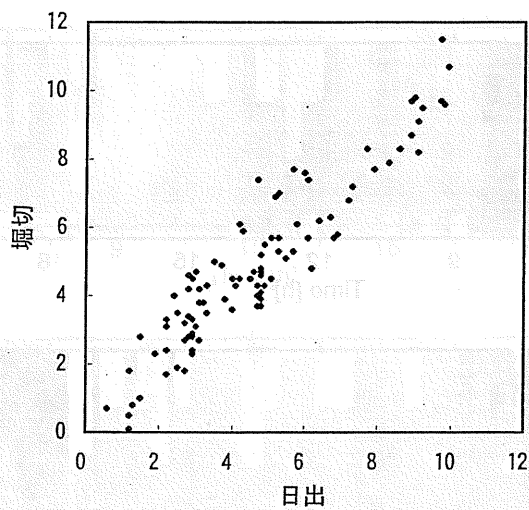


図-3.2.2 国土交通日出観測所とドップラーソーダ観測(堀切)の風速の散布図

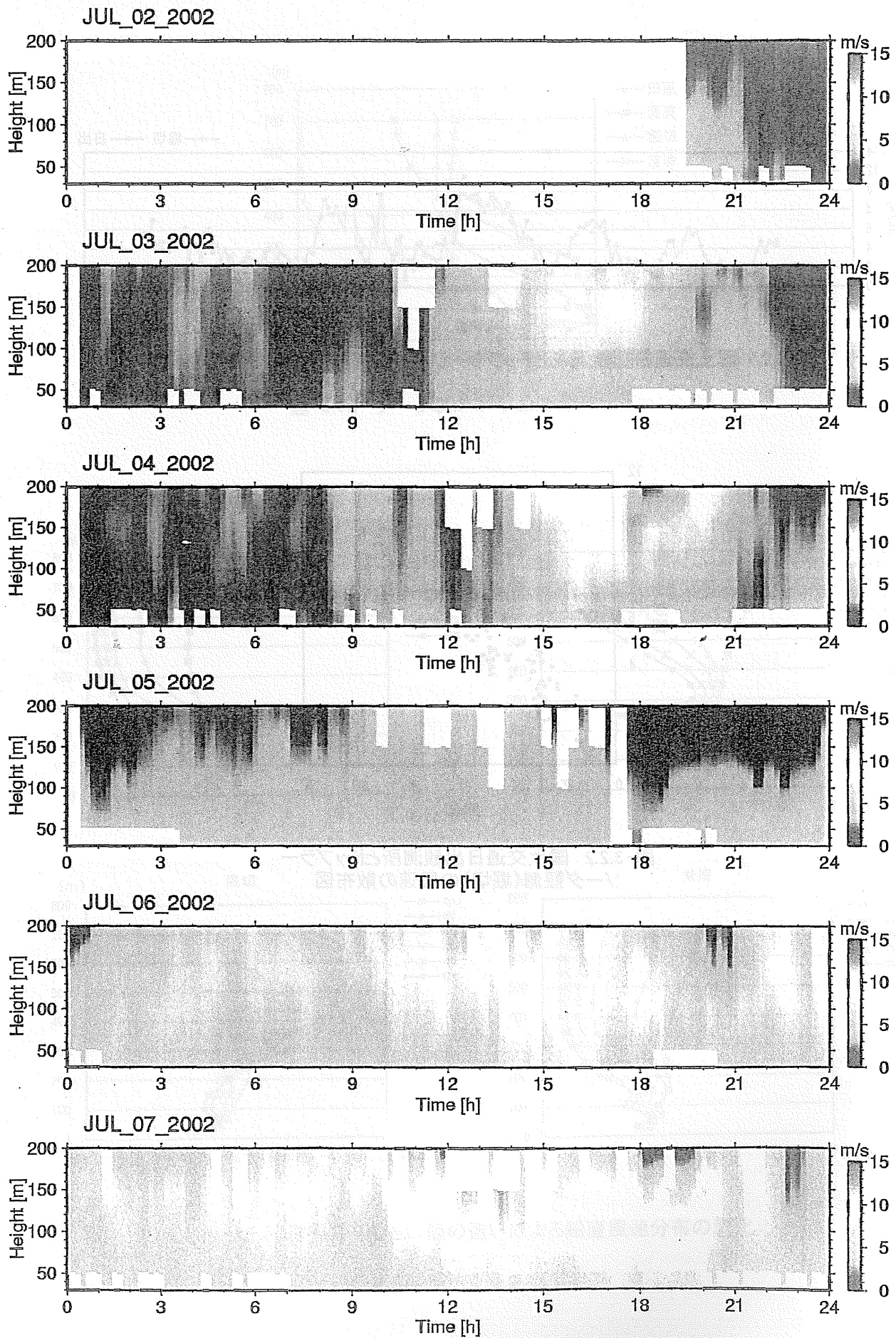
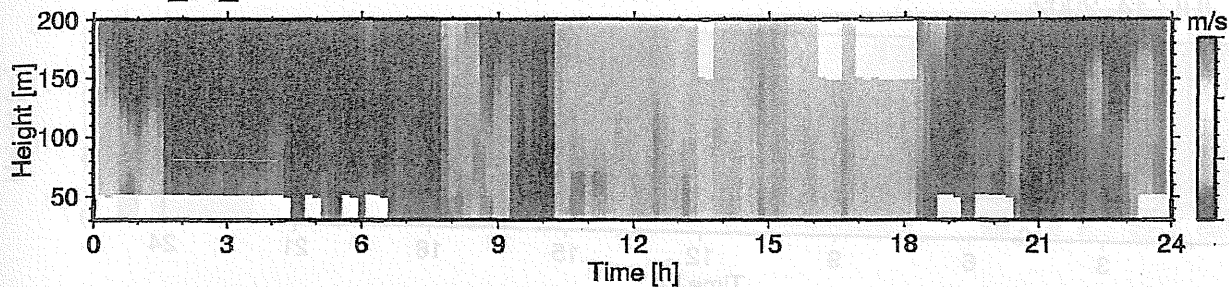


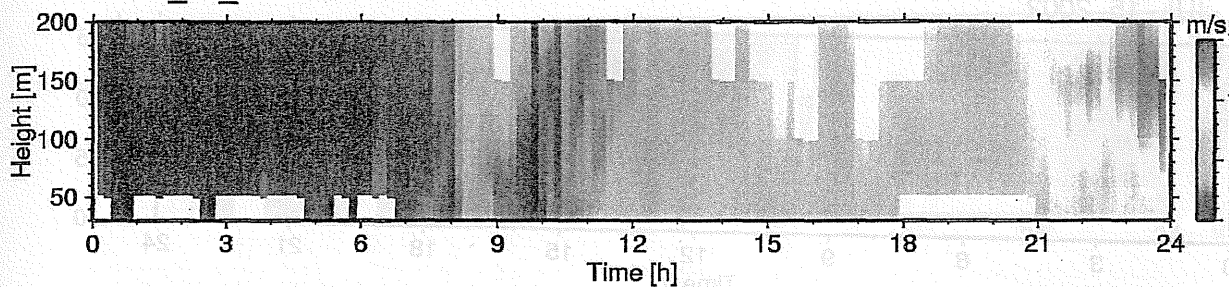
図-3.3.1 スカラー風速



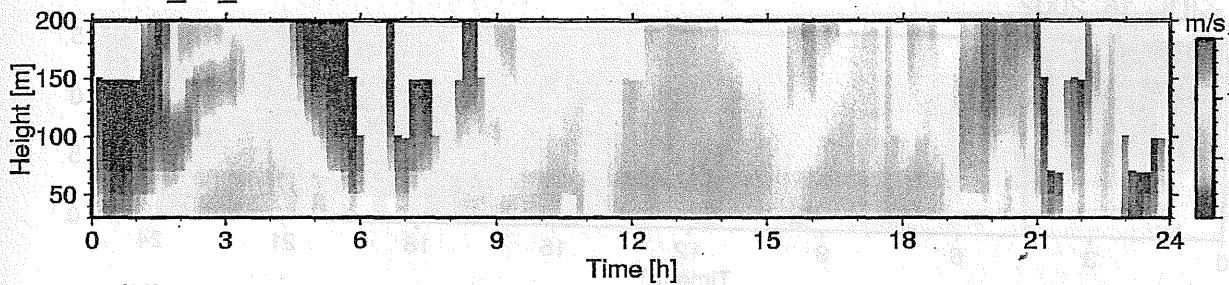
JUL\_08\_2002



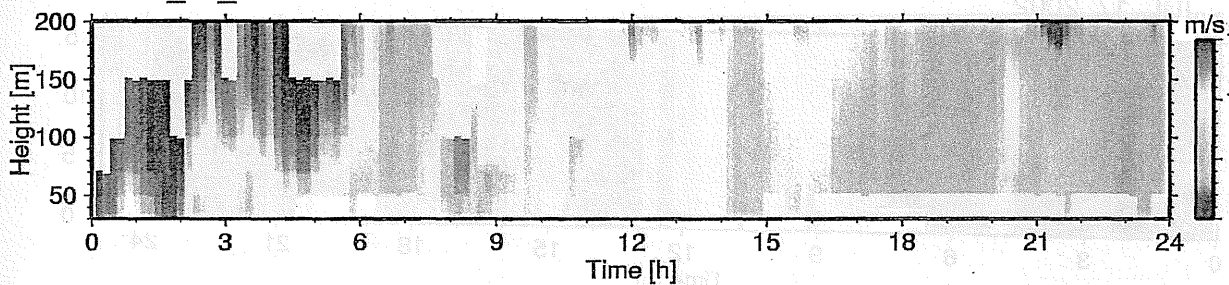
JUL\_09\_2002



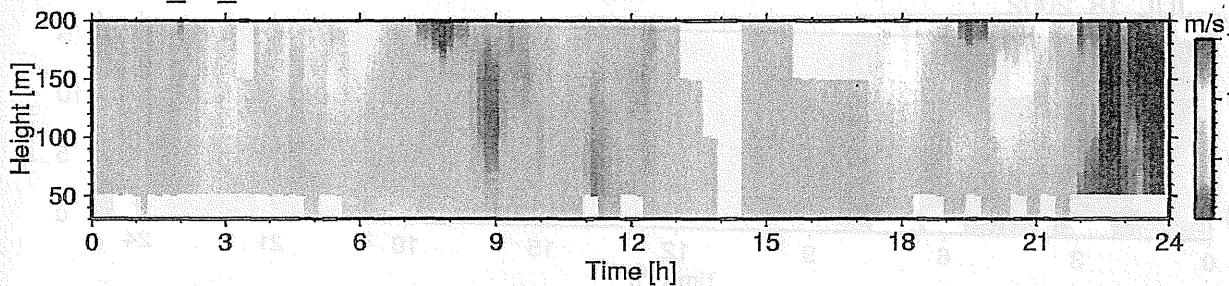
JUL\_10\_2002



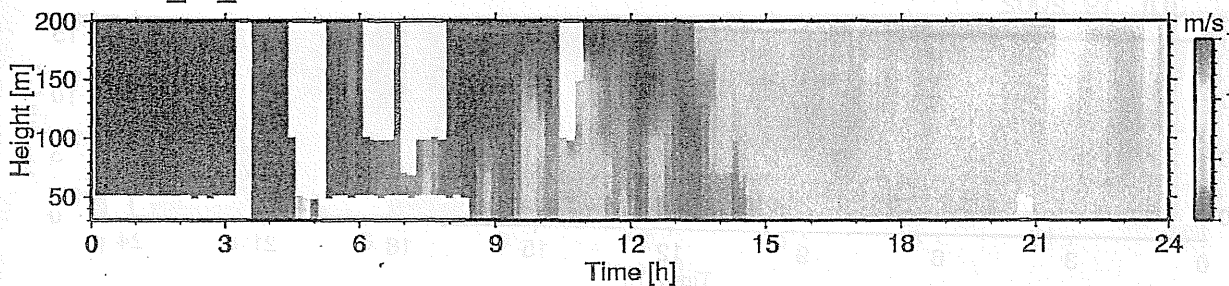
JUL\_11\_2002

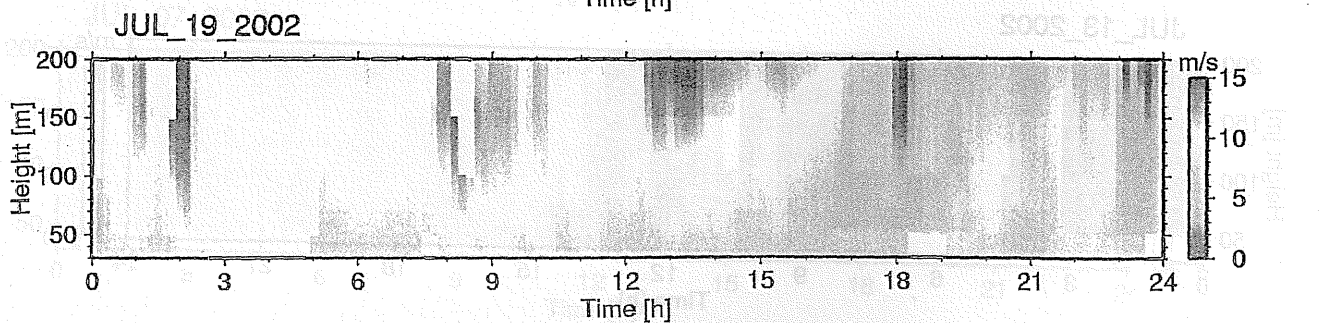
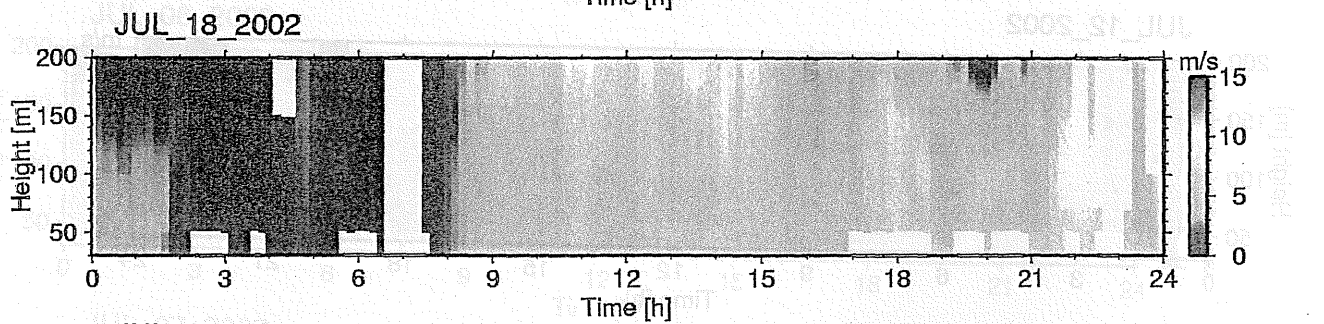
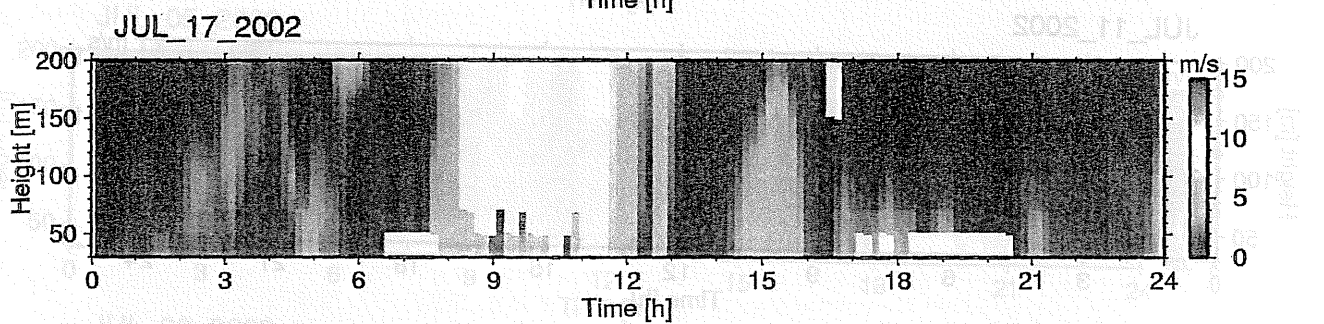
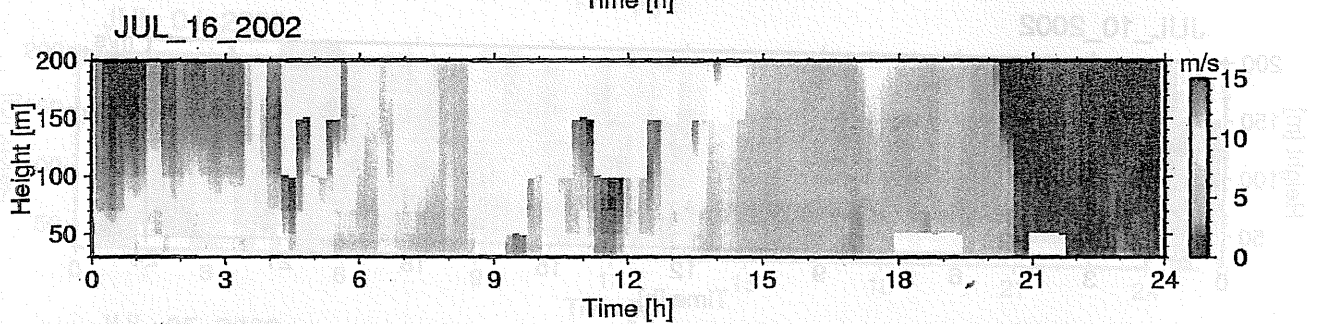
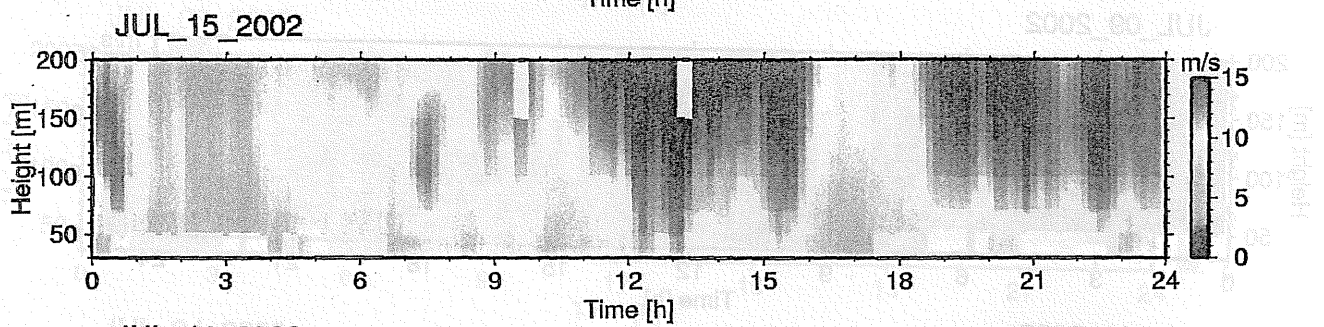
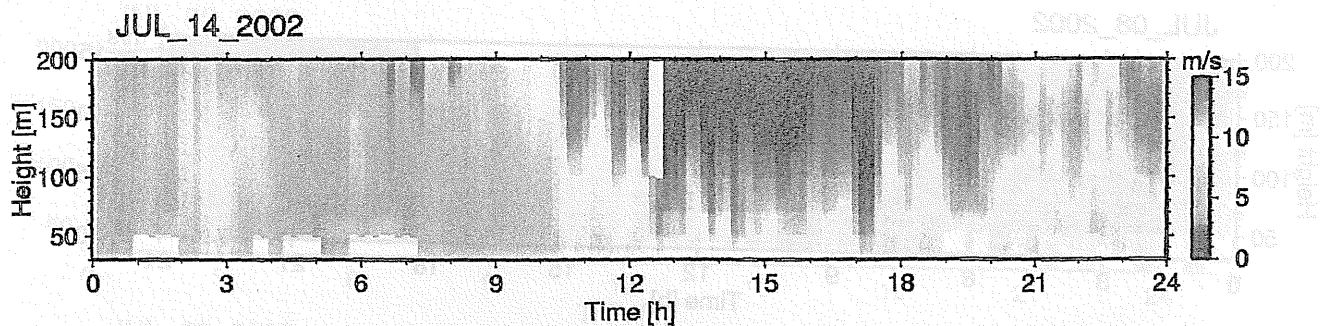


JUL\_12\_2002



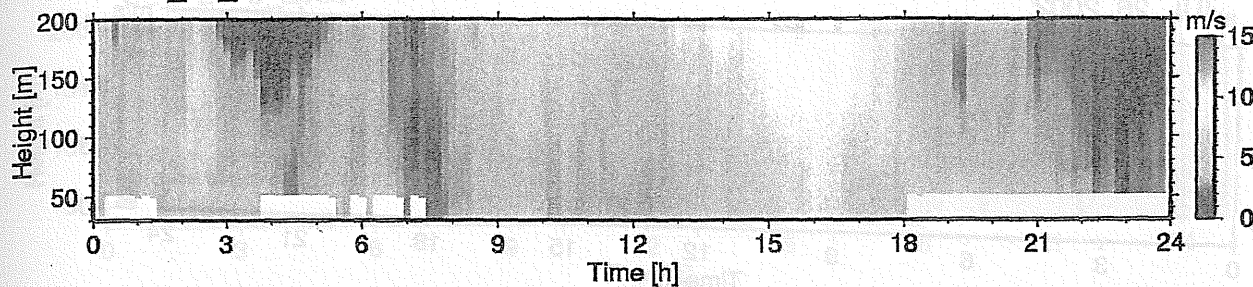
JUL\_13\_2002



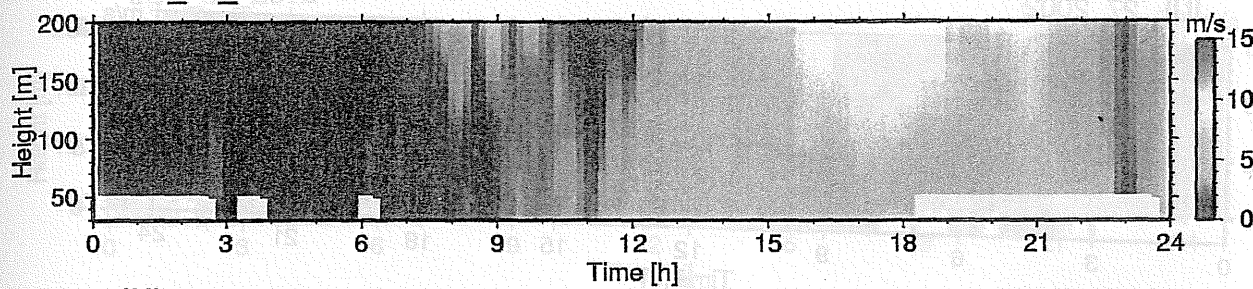




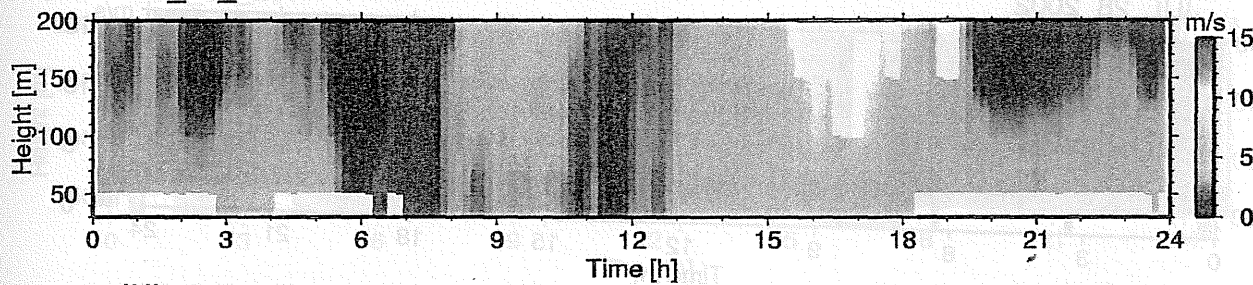
JUL\_20\_2002



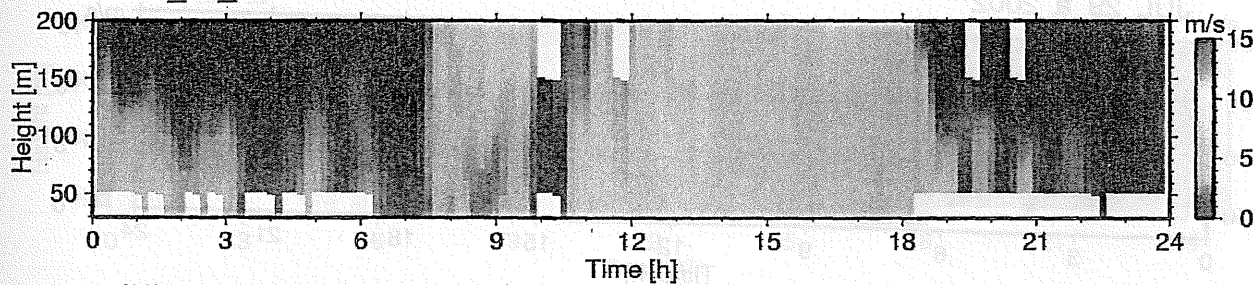
JUL\_21\_2002



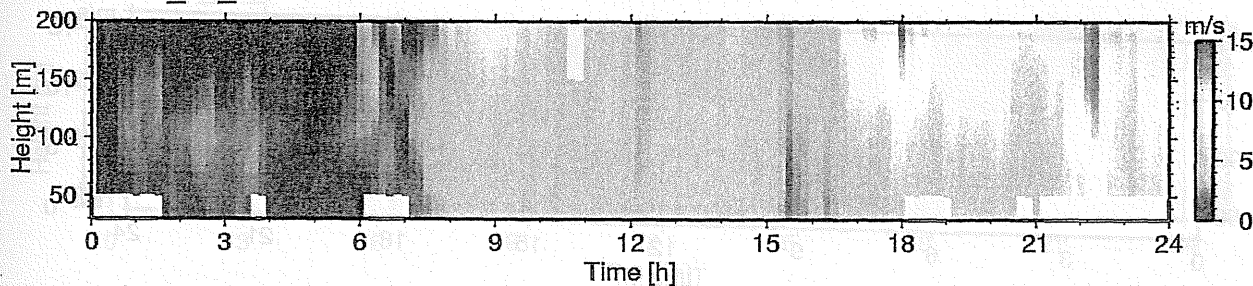
JUL\_22\_2002



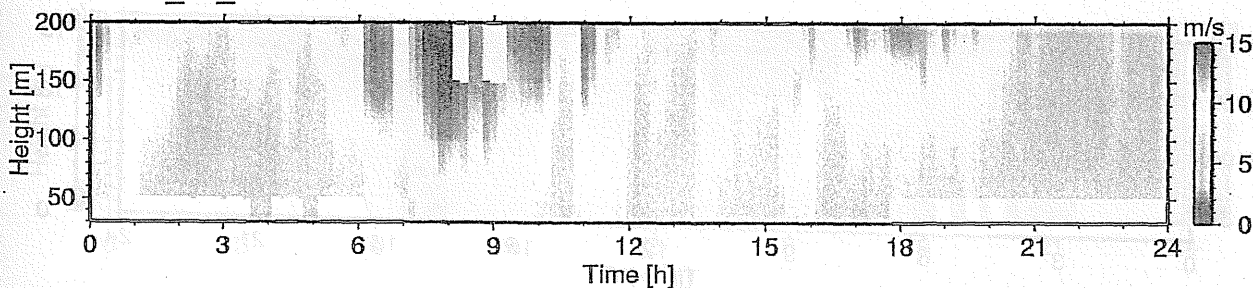
JUL\_23\_2002

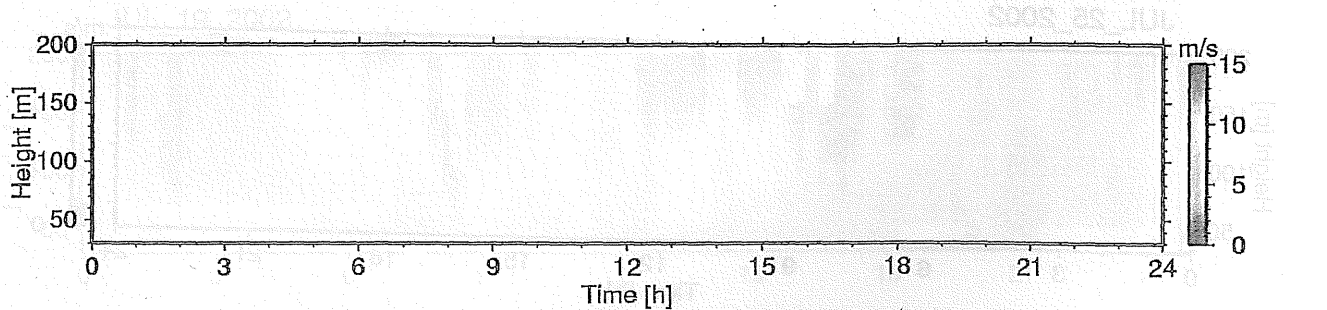
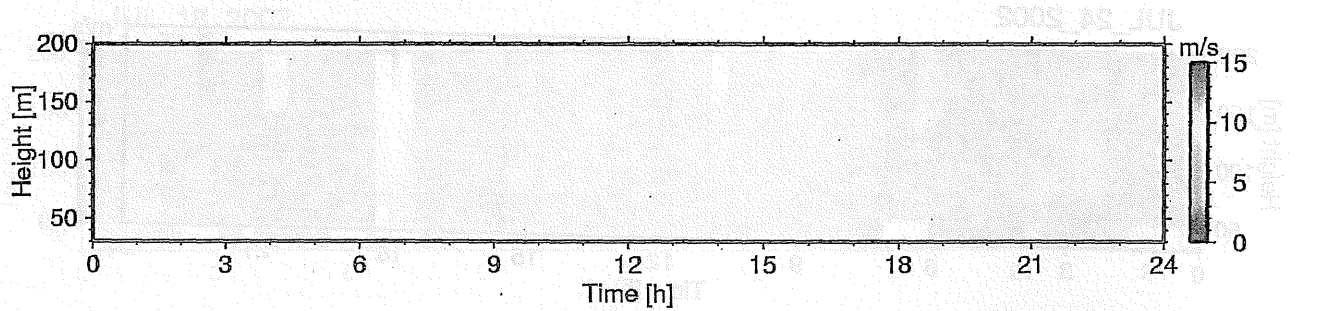
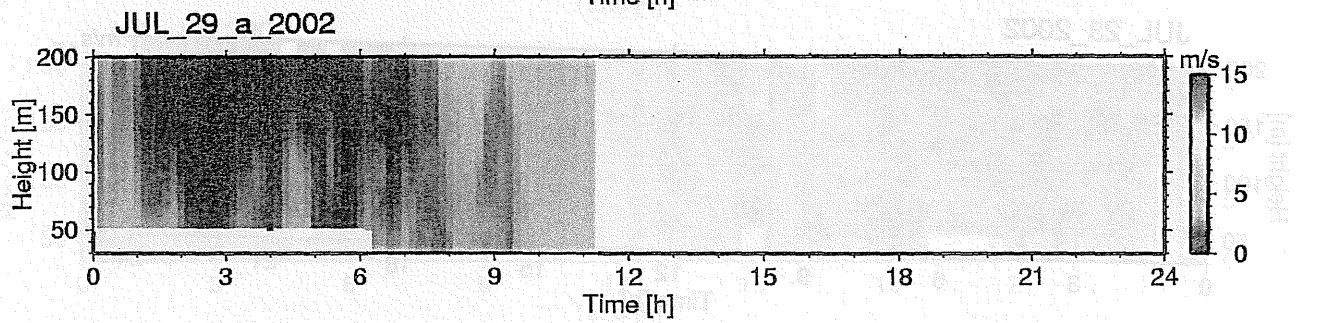
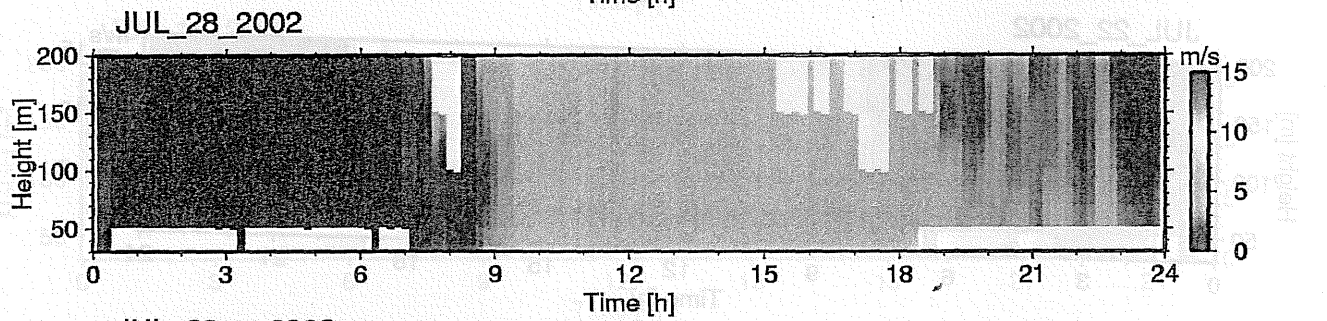
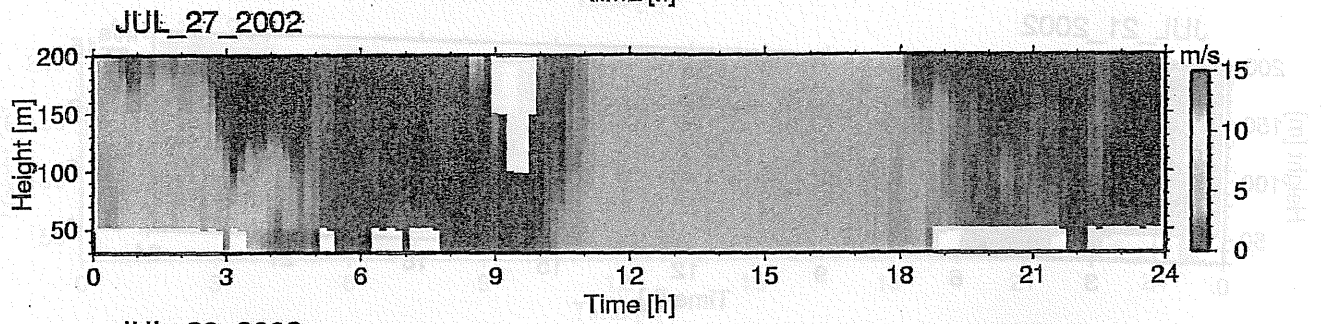
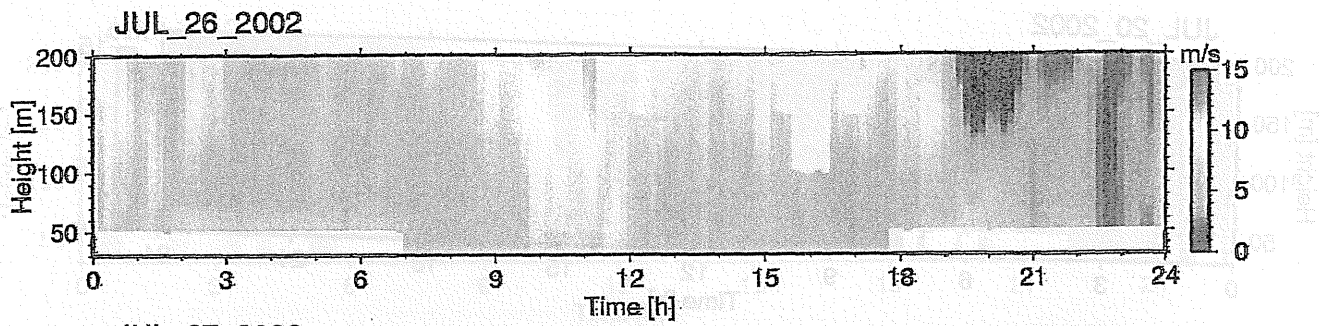


JUL\_24\_2002



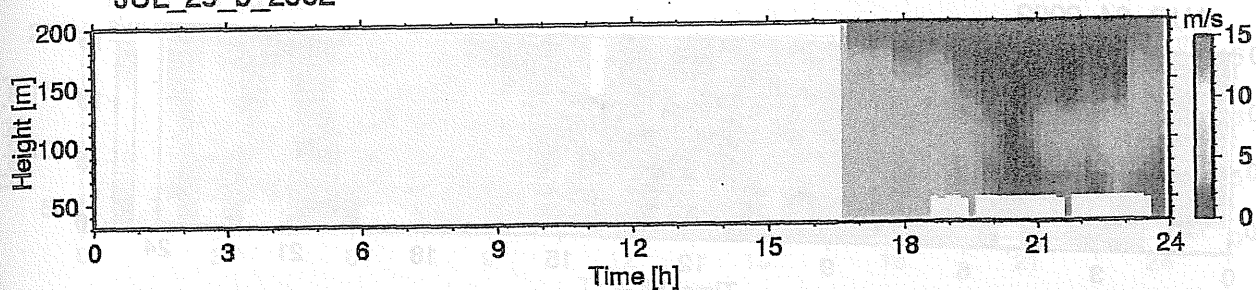
JUL\_25\_2002



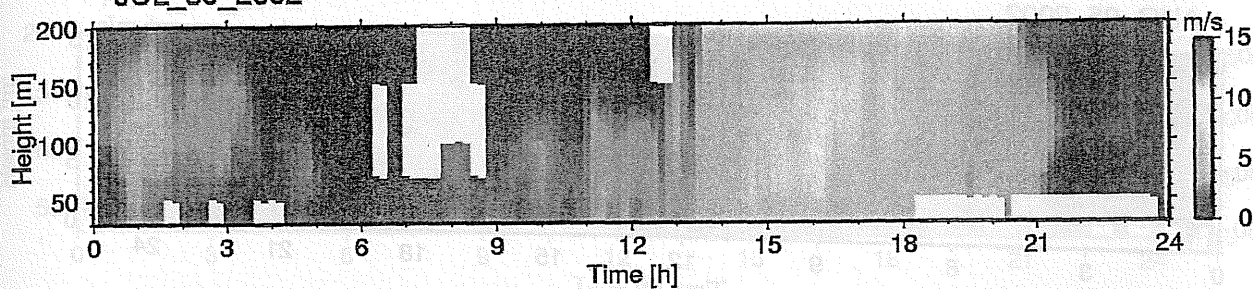




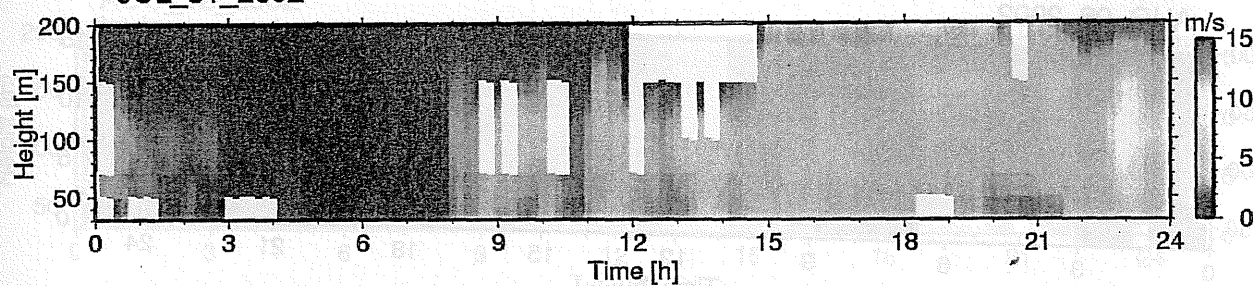
JUL\_29\_b 2002



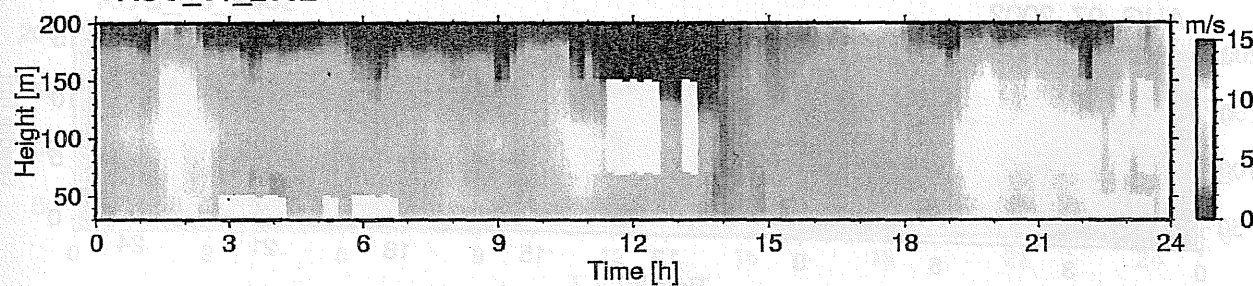
JUL\_30\_2002



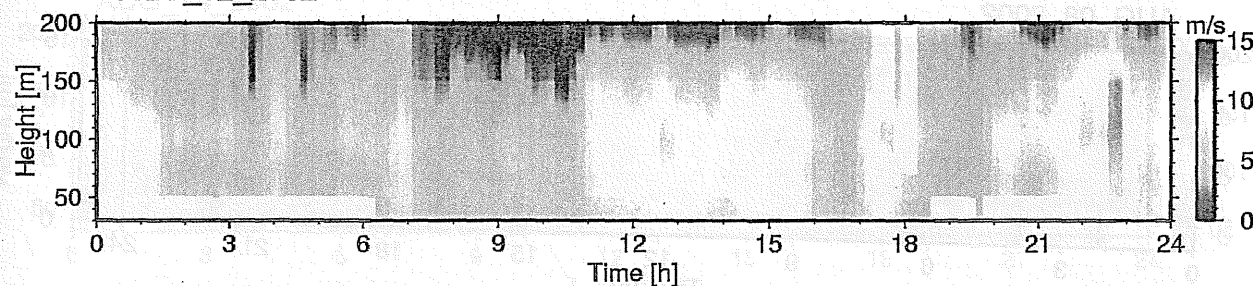
JUL\_31\_2002



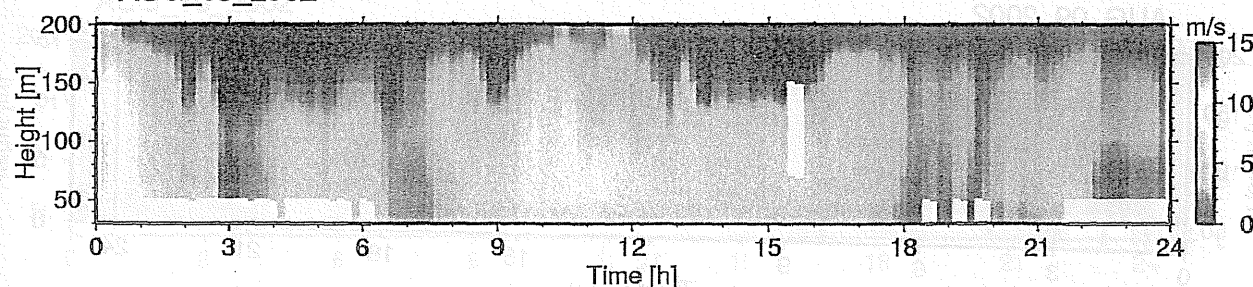
AUG\_01\_2002

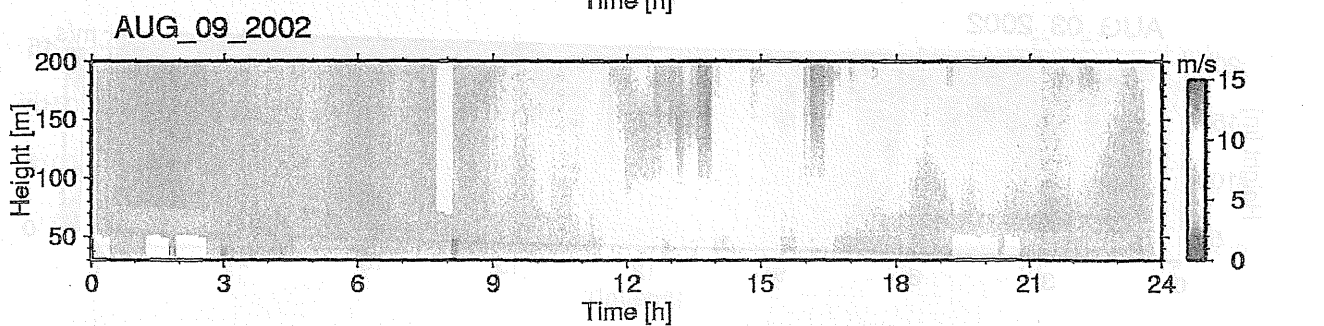
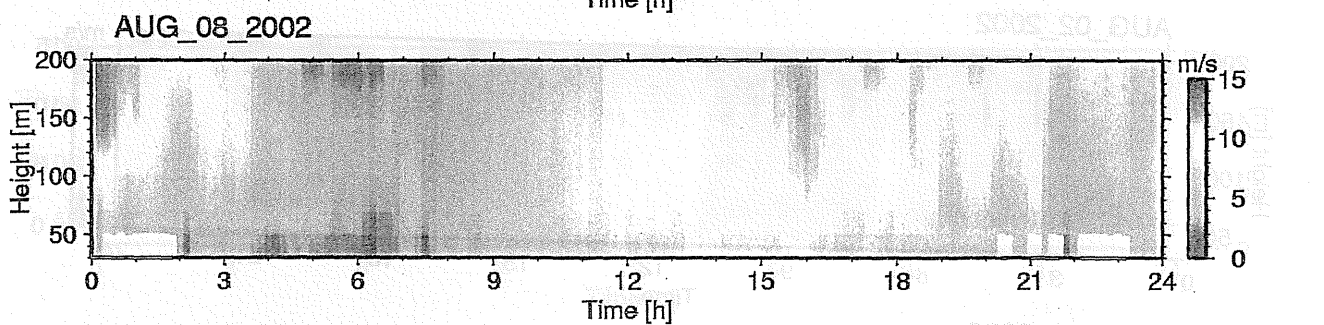
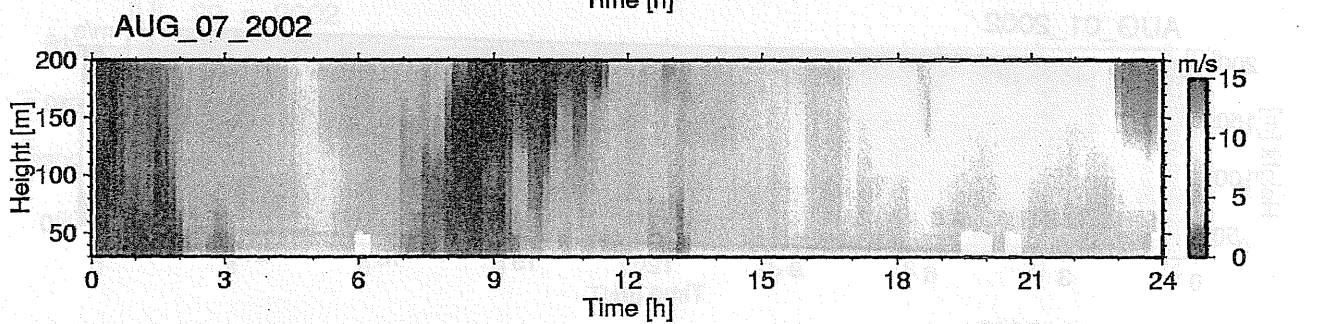
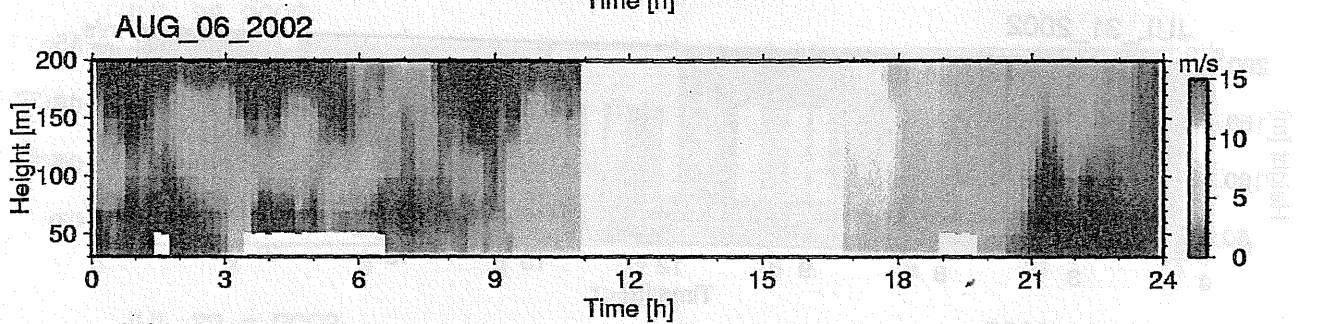
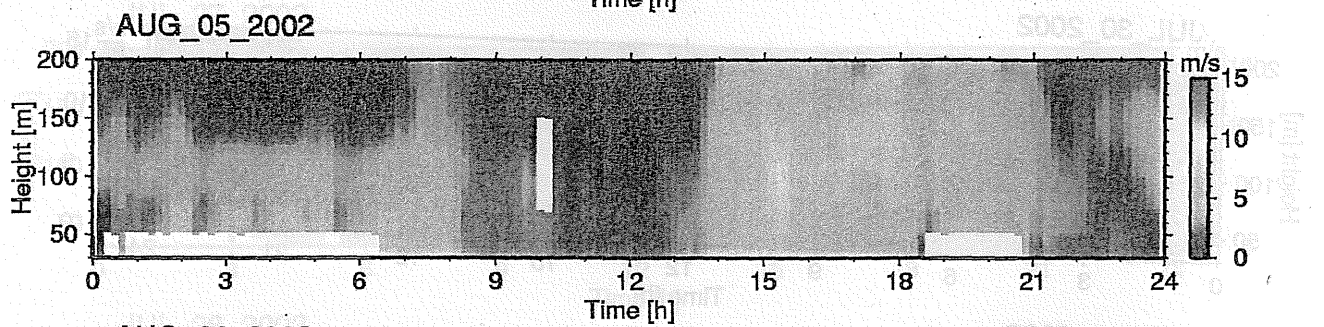
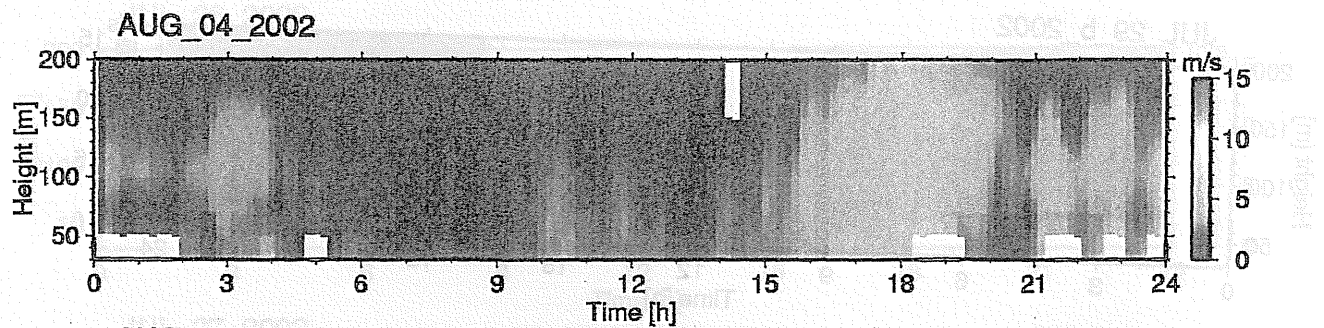


AUG\_02\_2002



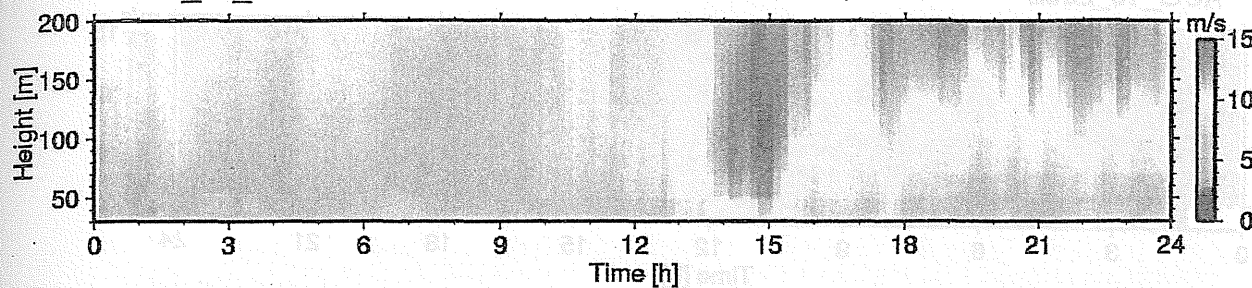
AUG\_03\_2002



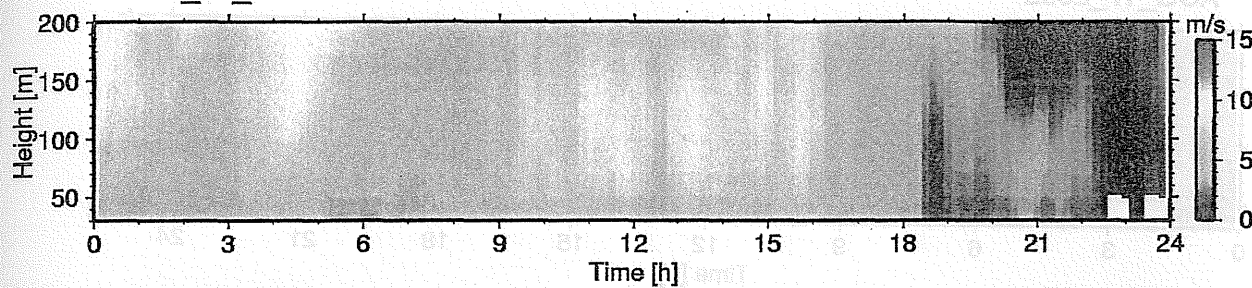




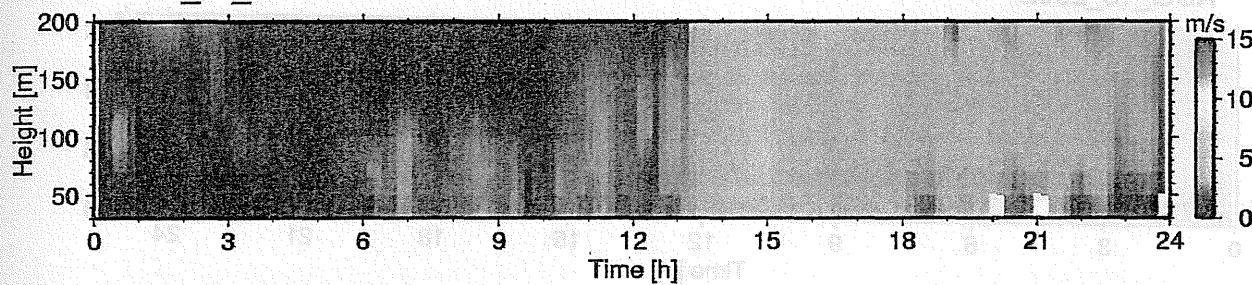
AUG\_10\_2002



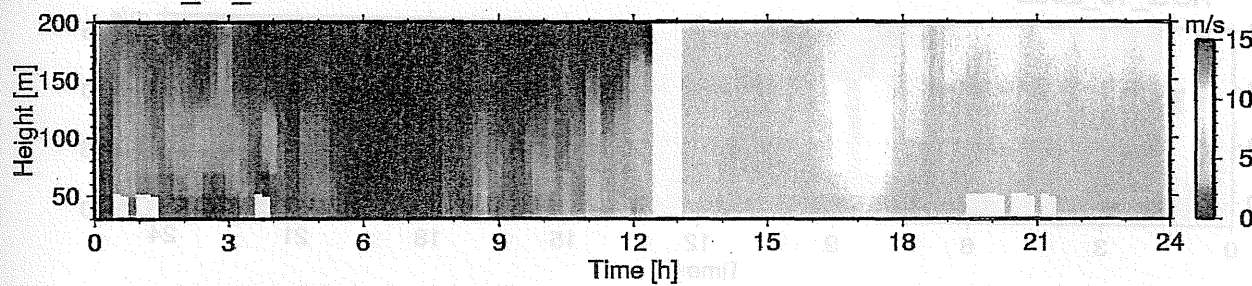
AUG\_11\_2002



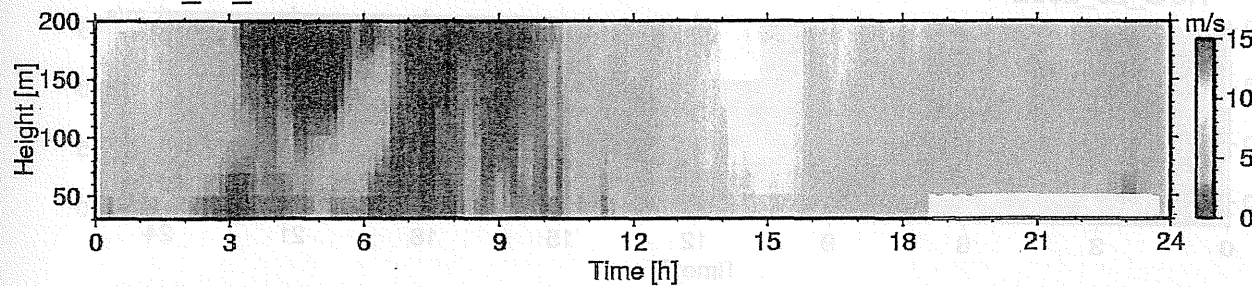
AUG\_12\_2002



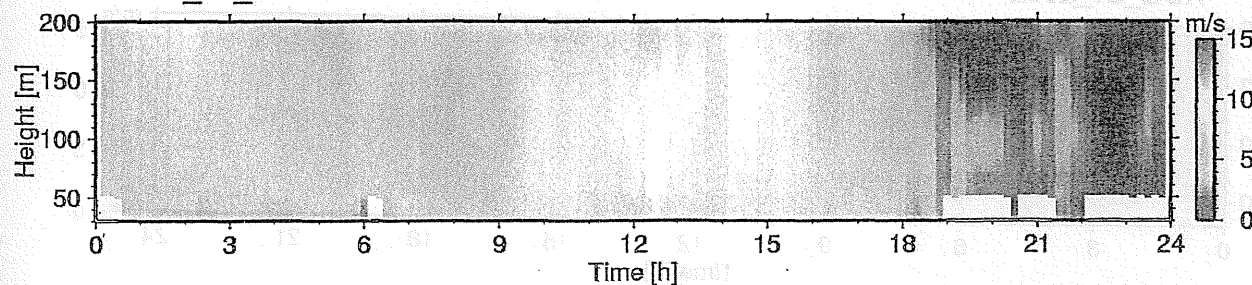
AUG\_13\_2002



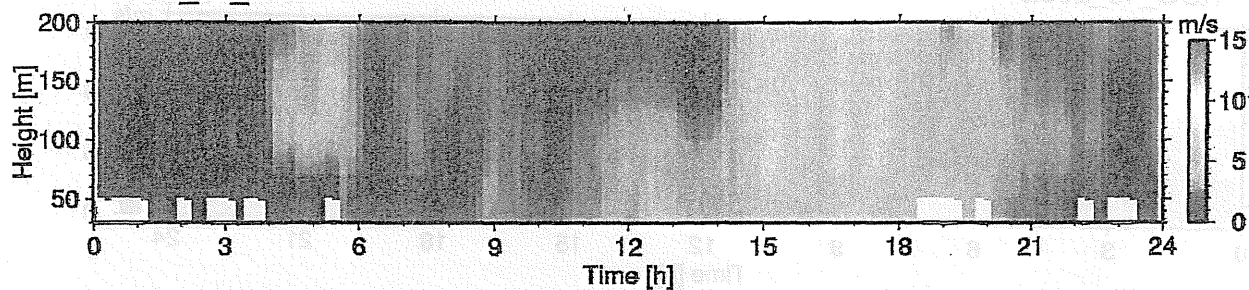
AUG\_14\_2002



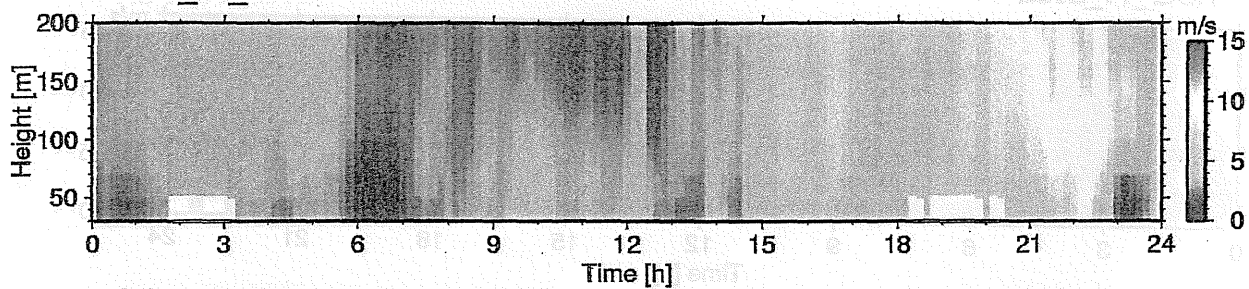
AUG\_15\_2002



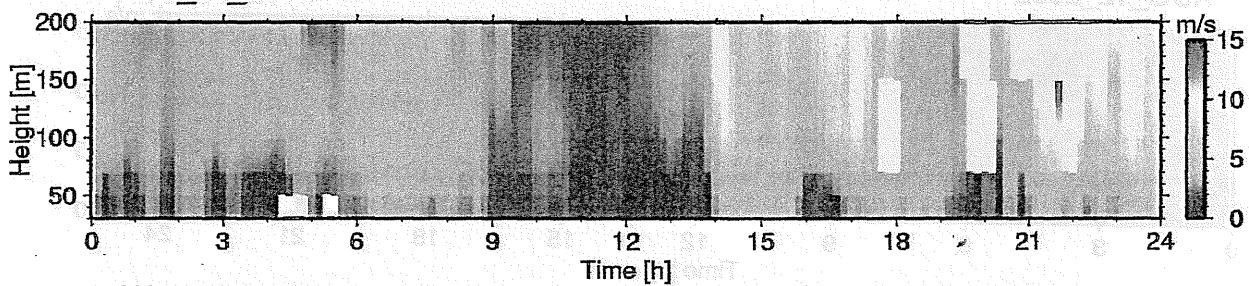
AUG\_16\_2002



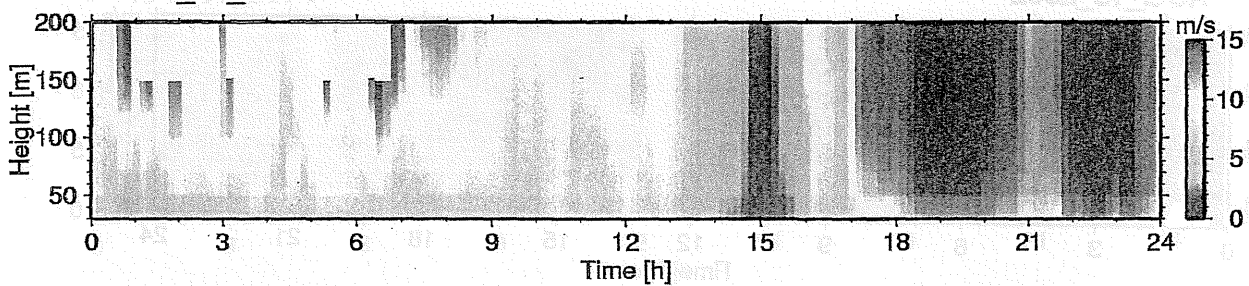
AUG\_17\_2002



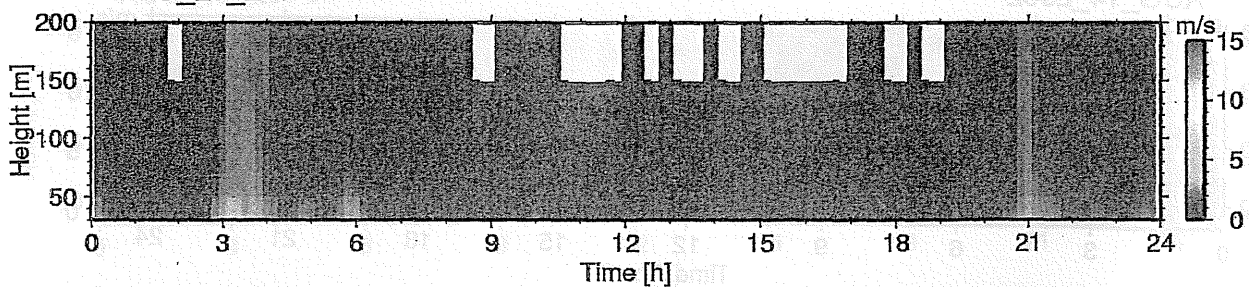
AUG\_18\_2002



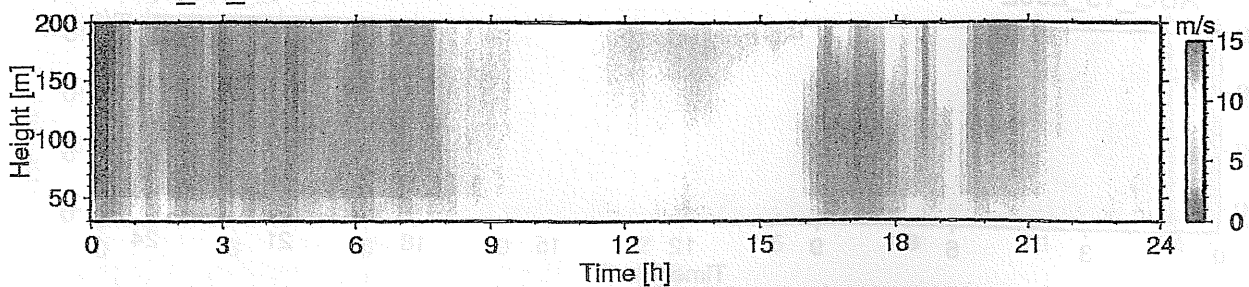
AUG\_19\_2002



AUG\_20\_2002

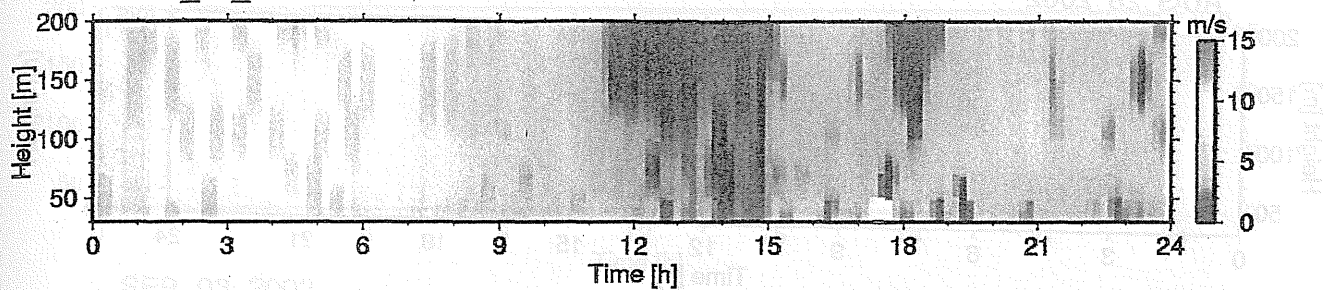


AUG\_21\_2002

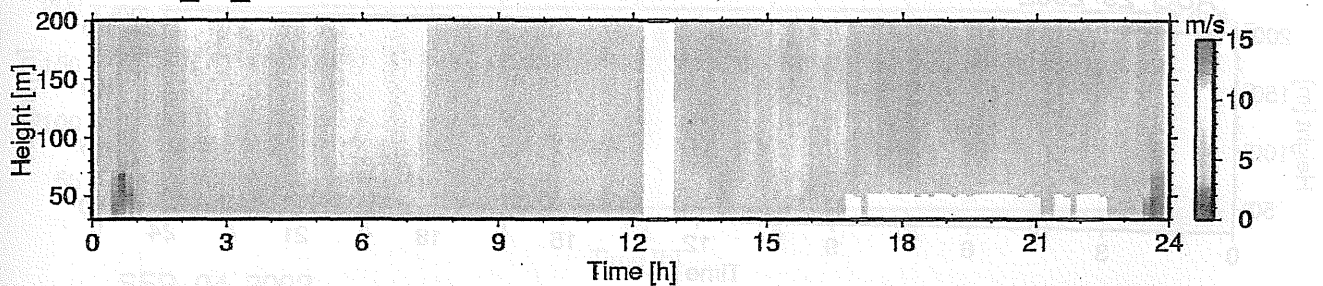




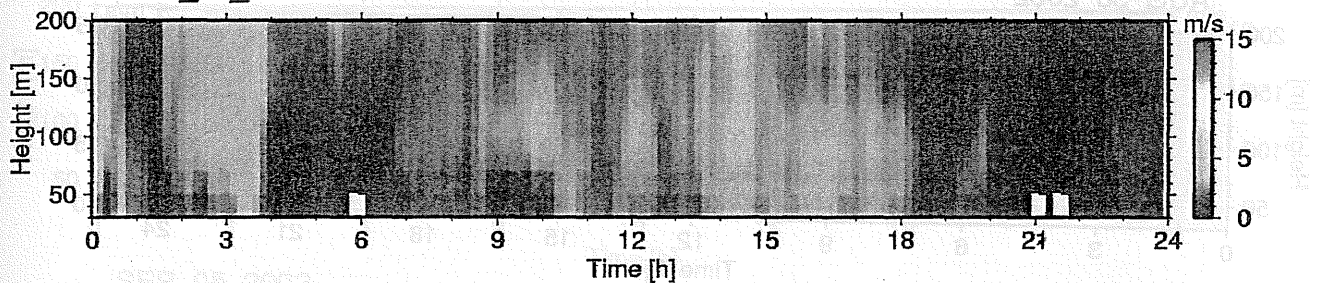
AUG\_22\_2002



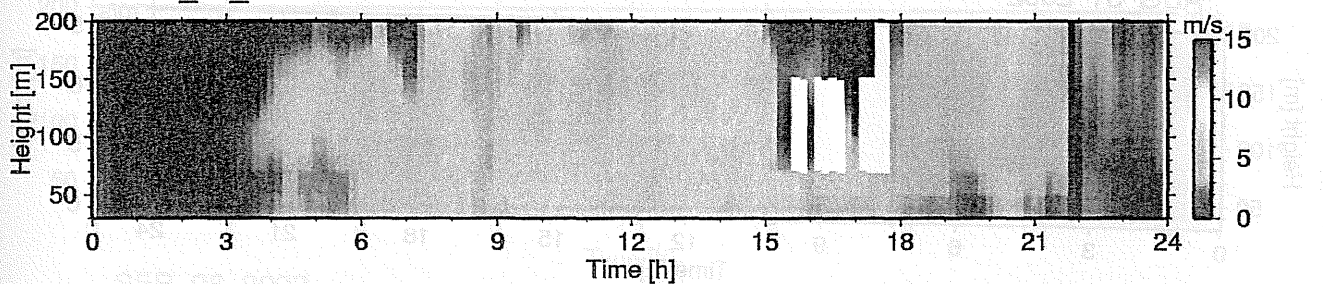
AUG\_23\_2002



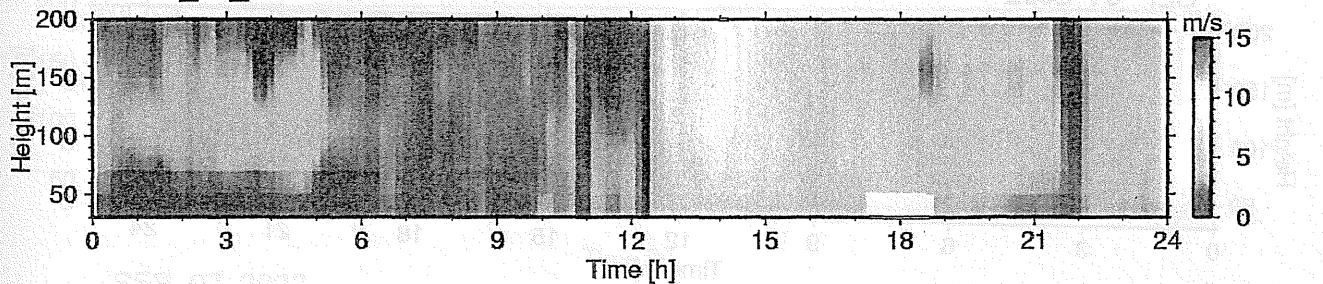
AUG\_24\_2002



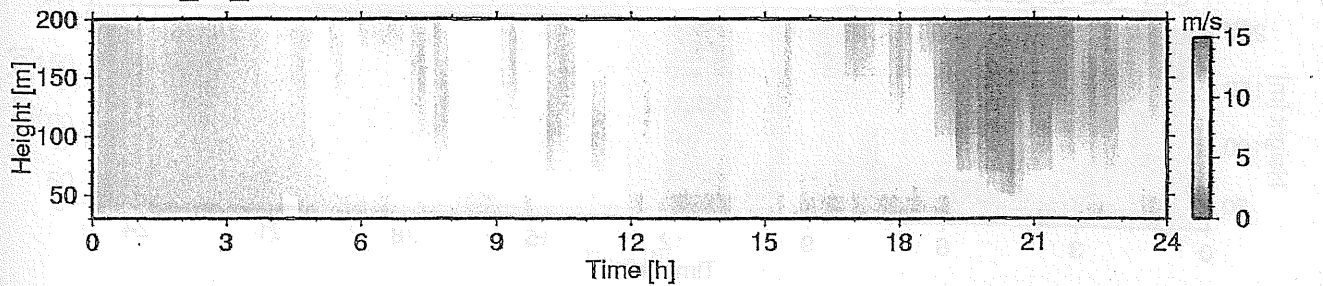
AUG\_25\_2002

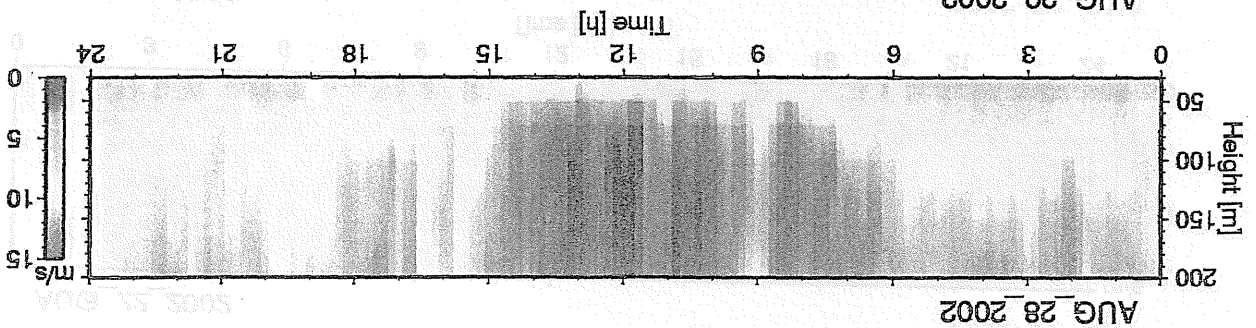
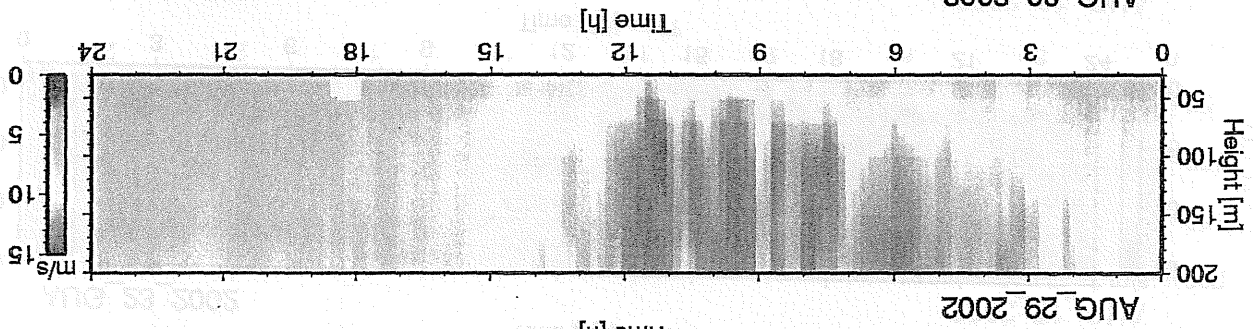
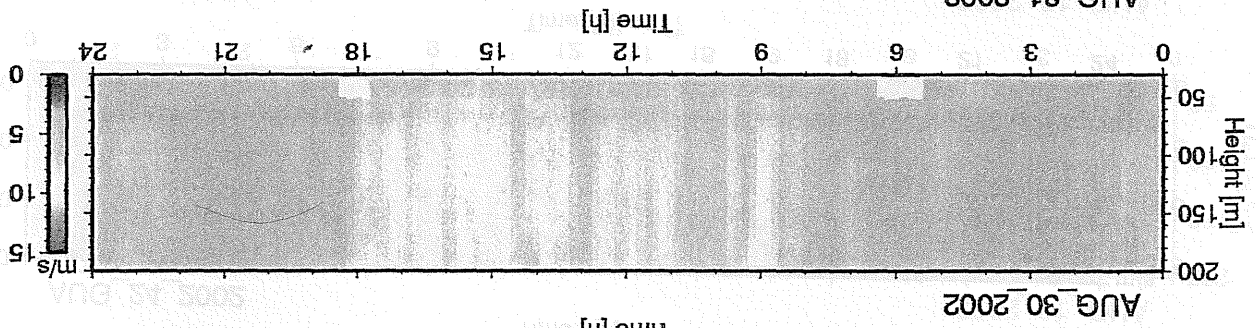
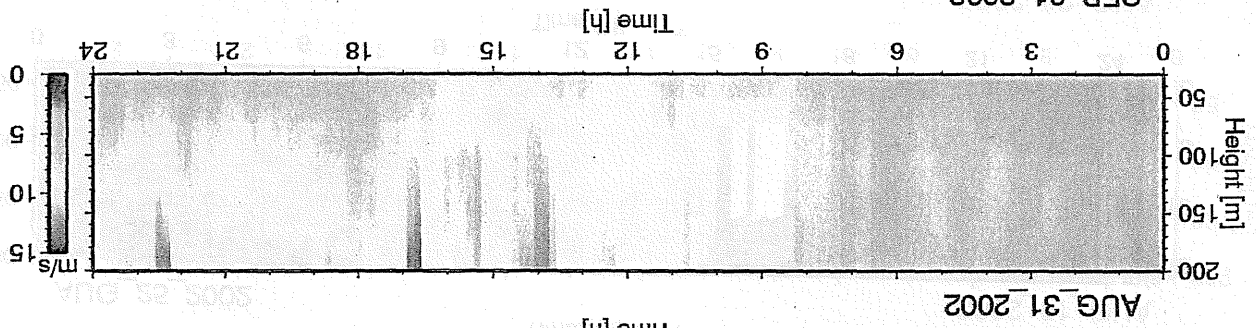
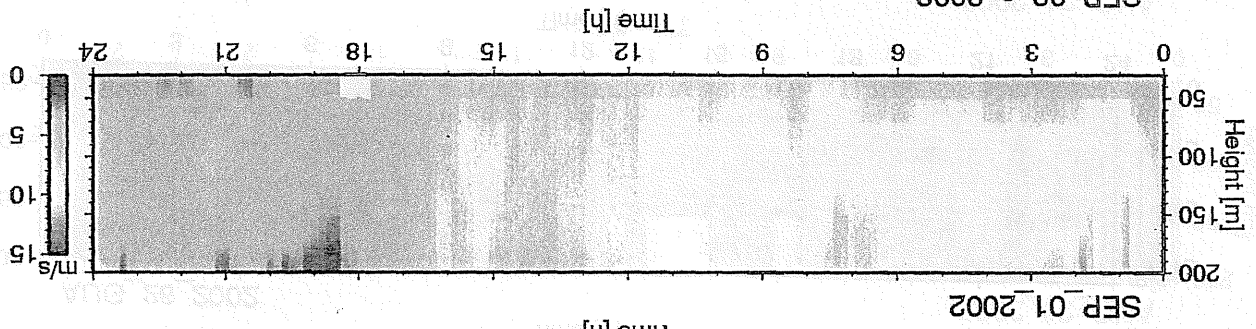
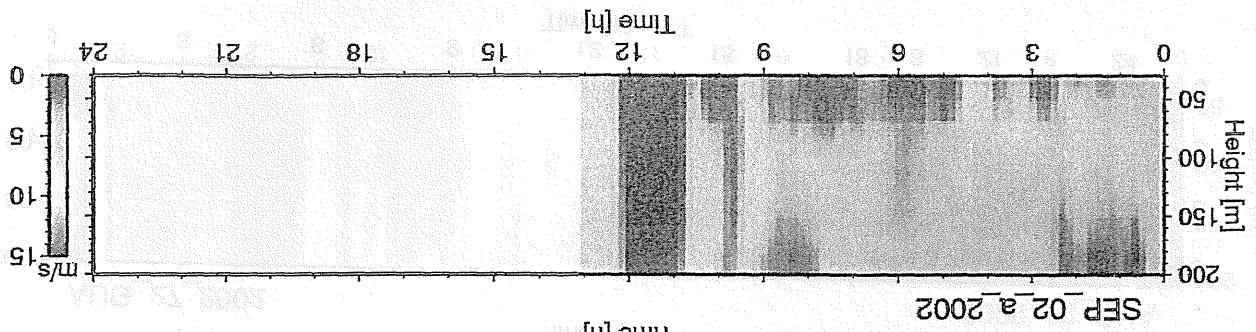


AUG\_26\_2002



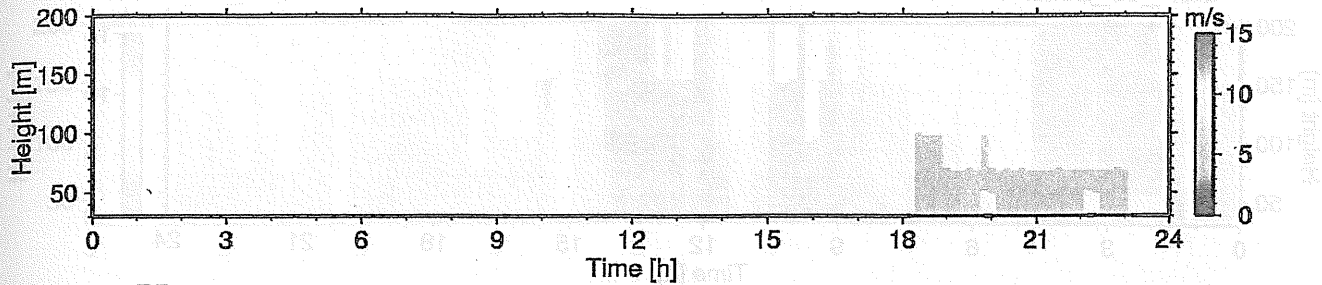
AUG\_27\_2002



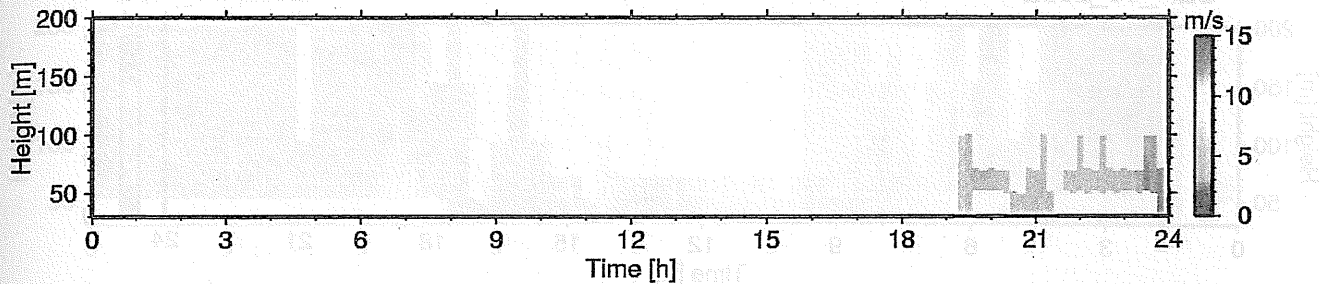




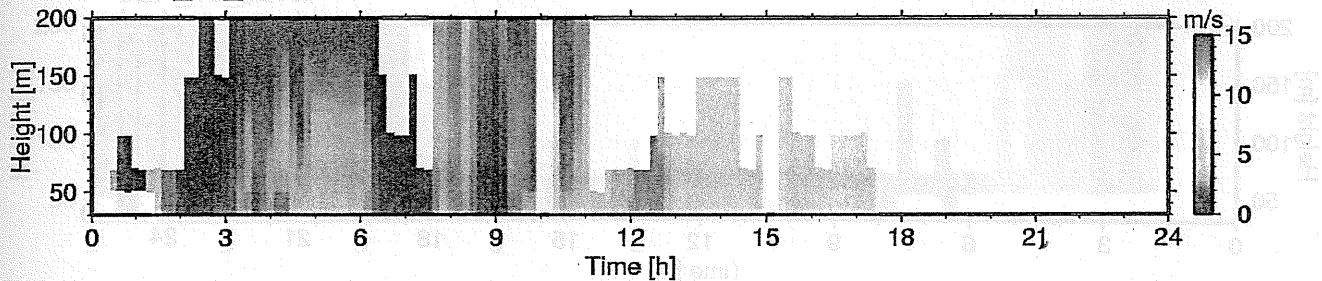
SEP\_02\_b\_2002



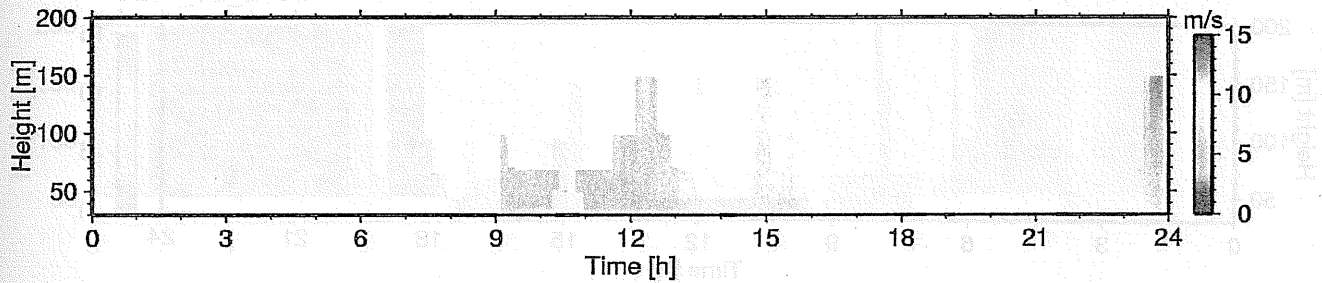
SEP\_03\_2002



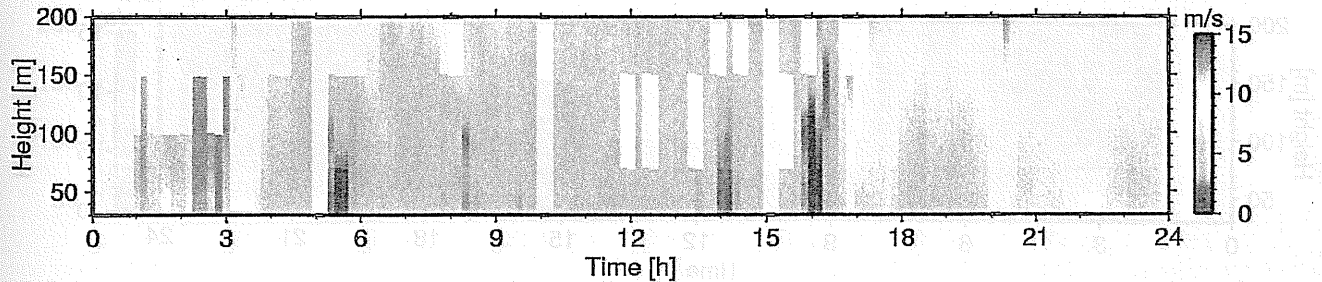
SEP\_04\_2002



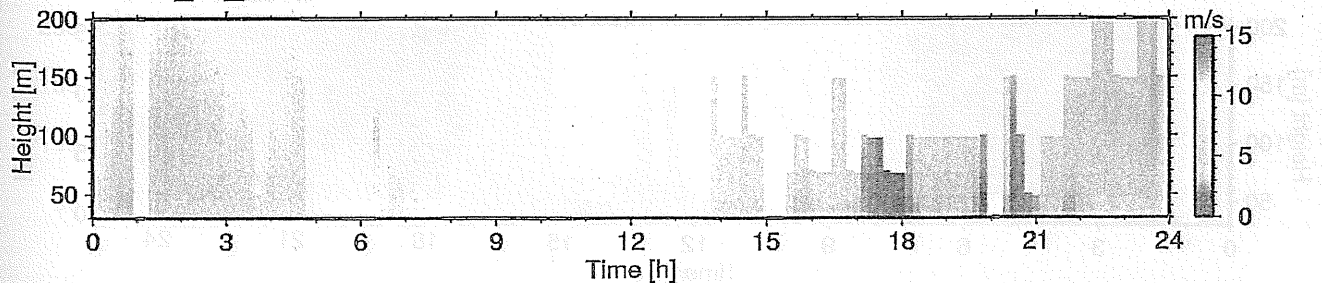
SEP\_05\_2002

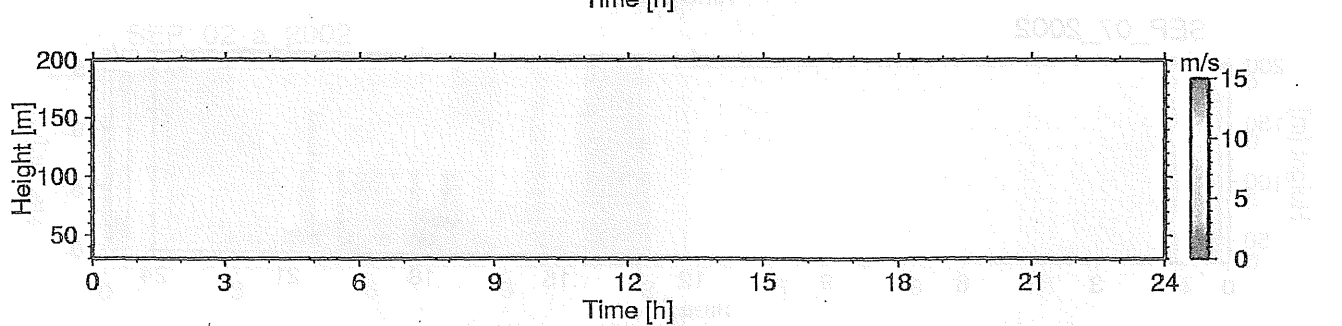
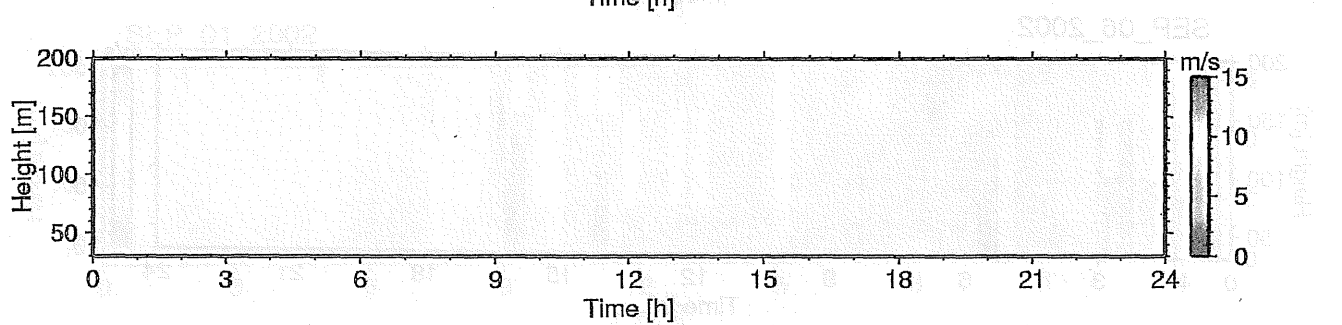
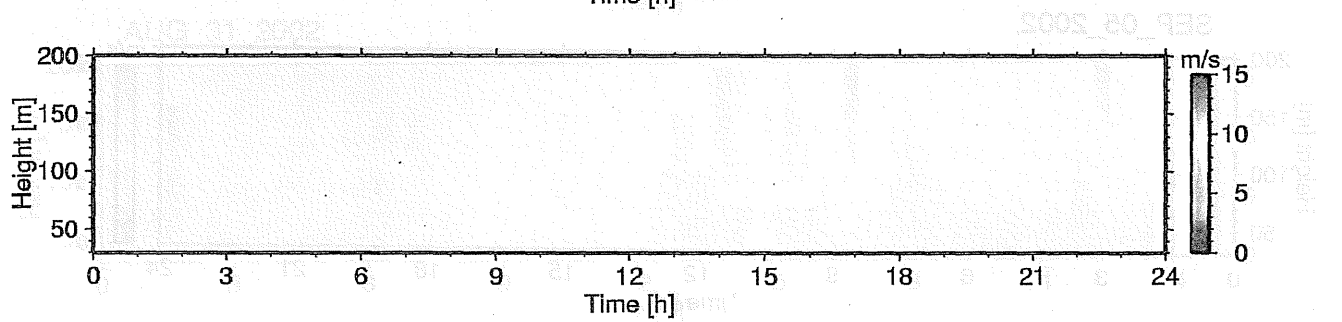
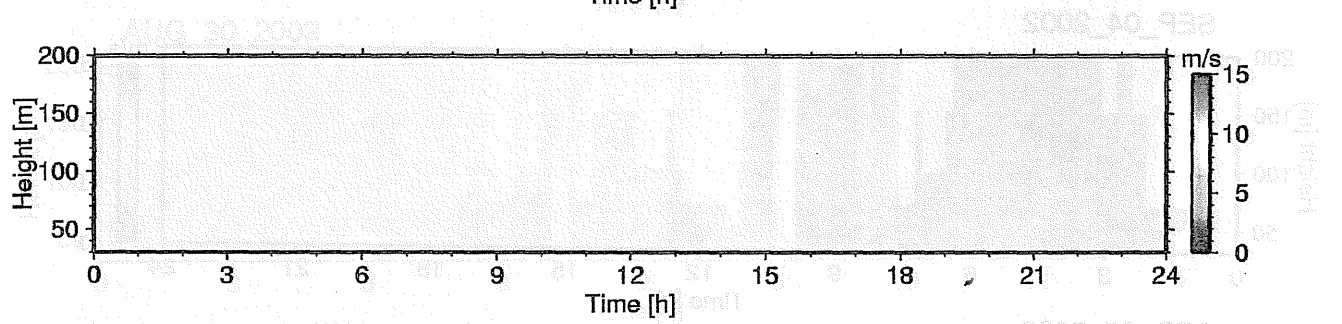
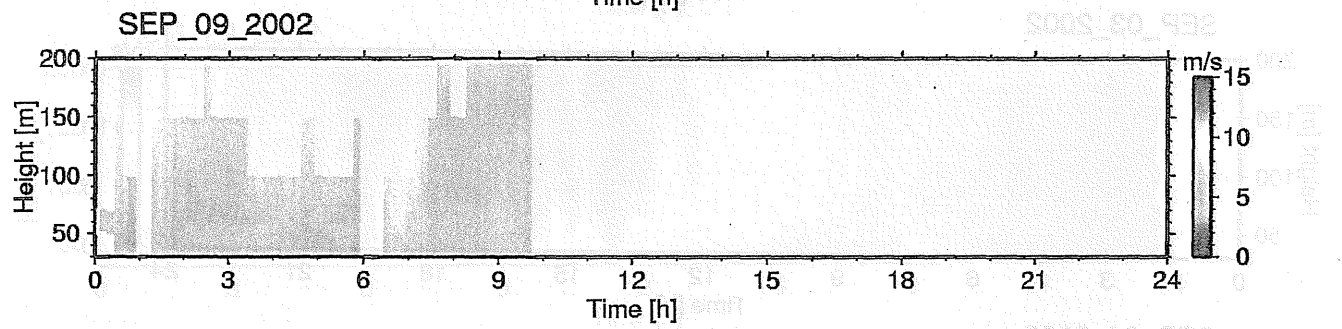
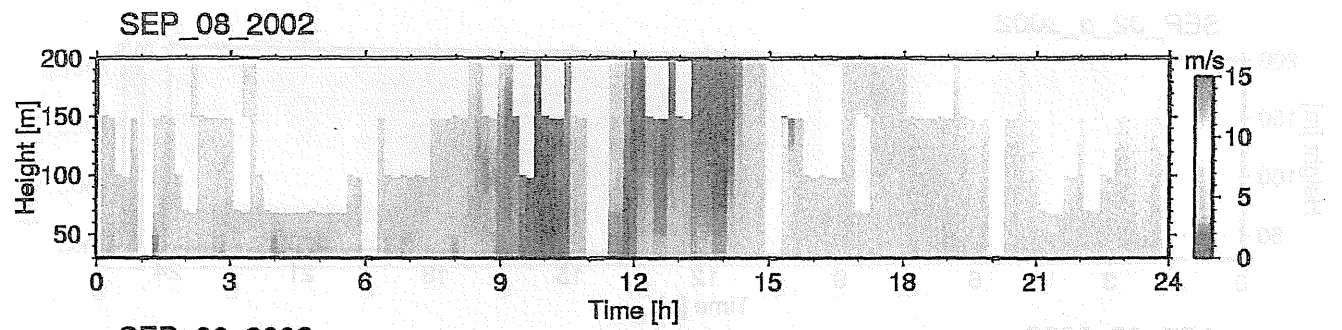


SEP\_06\_2002



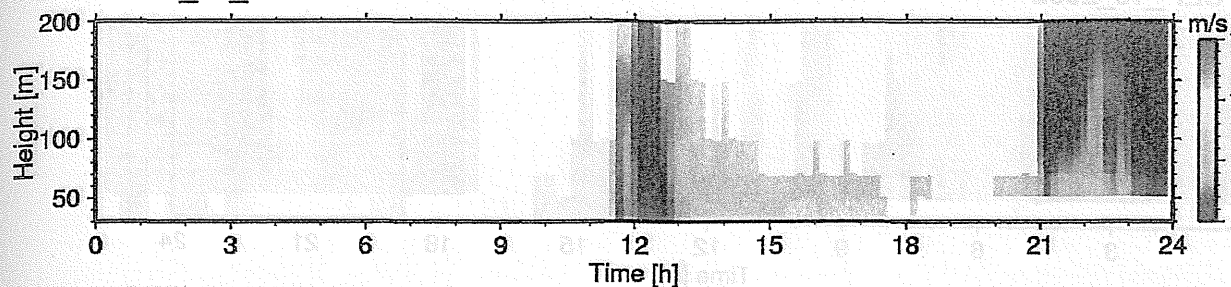
SEP\_07\_2002



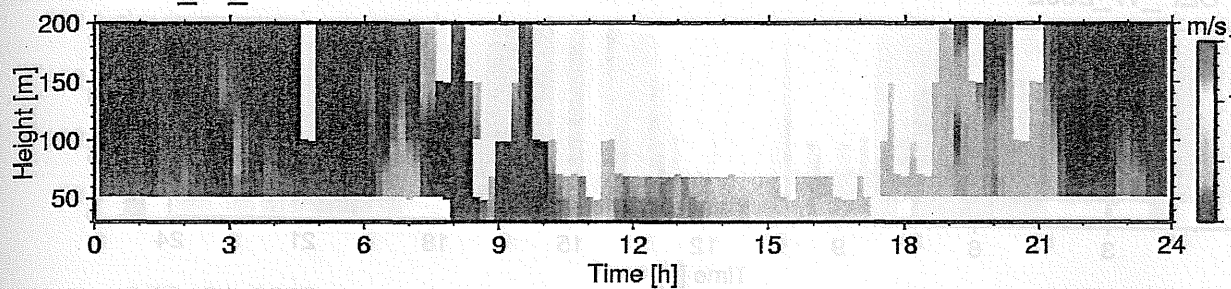




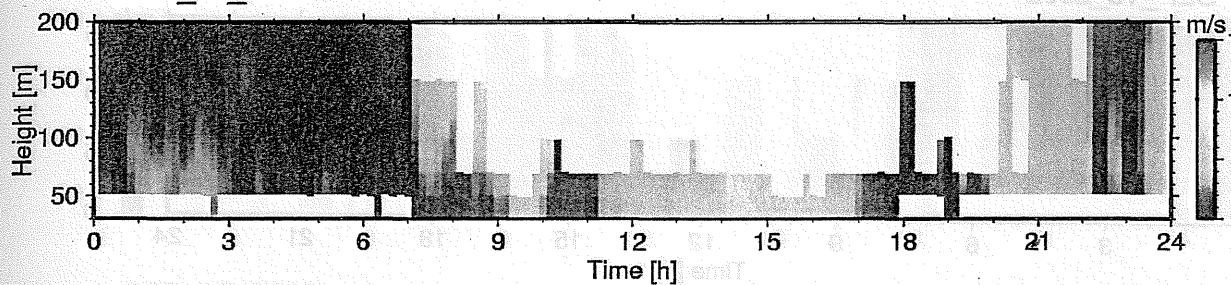
SEP\_10\_2002



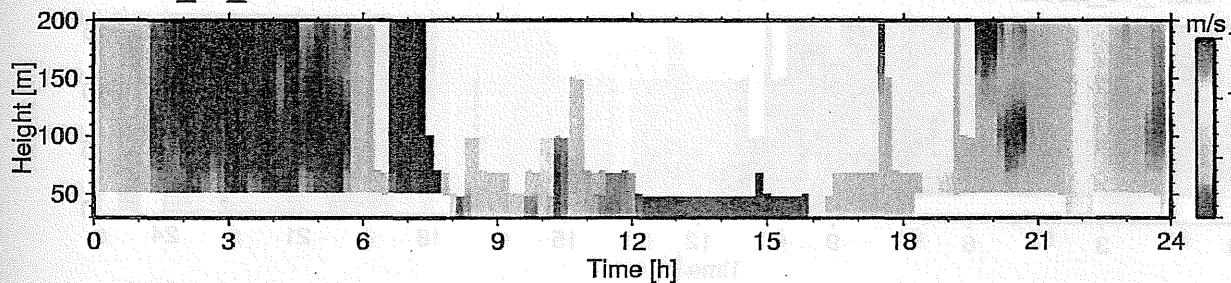
SEP\_11\_2002



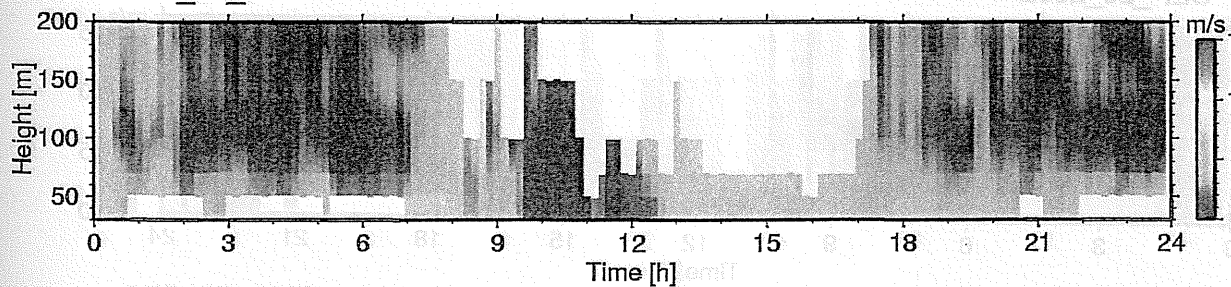
SEP\_12\_2002



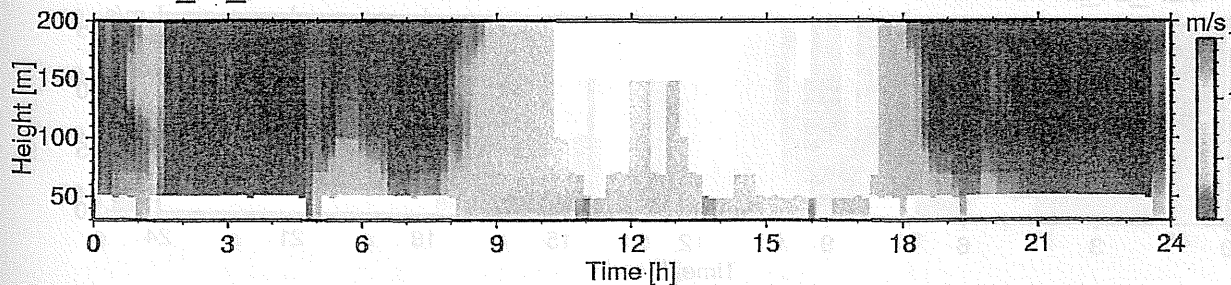
SEP\_13\_2002

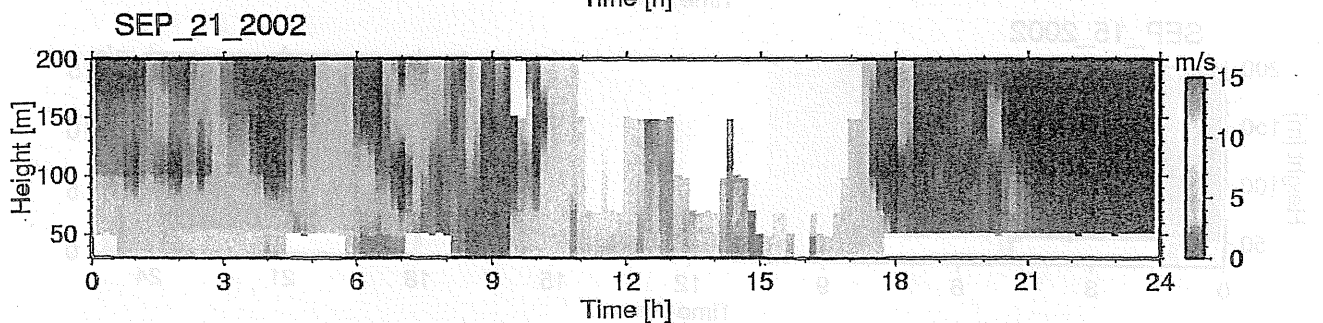
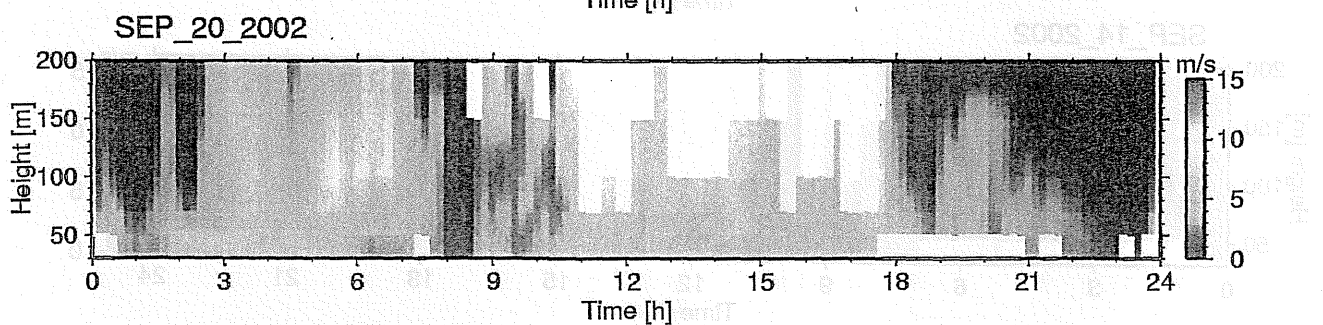
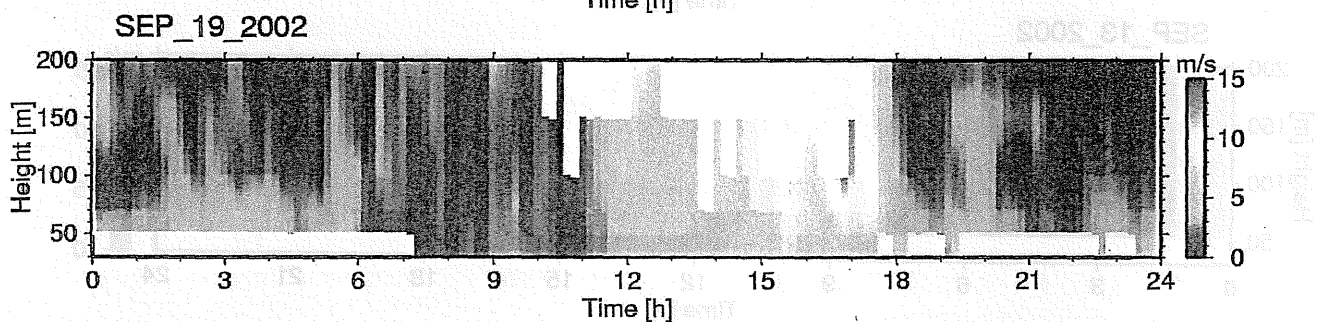
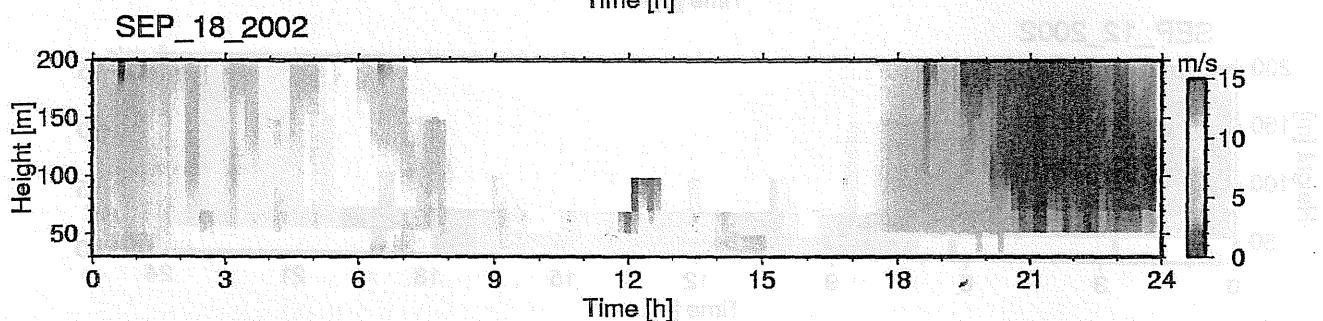
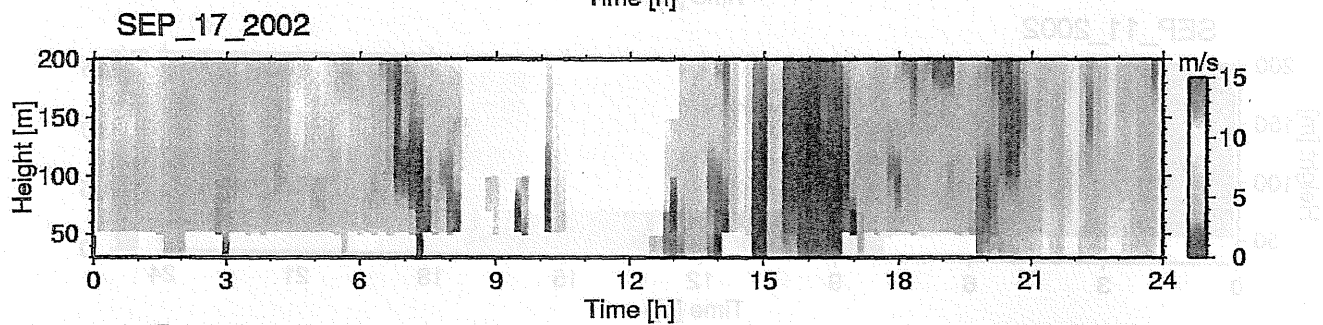
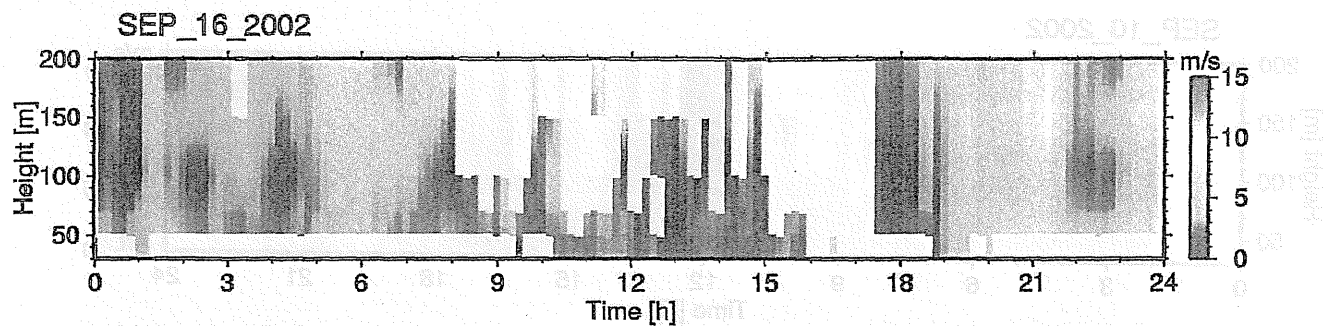


SEP\_14\_2002

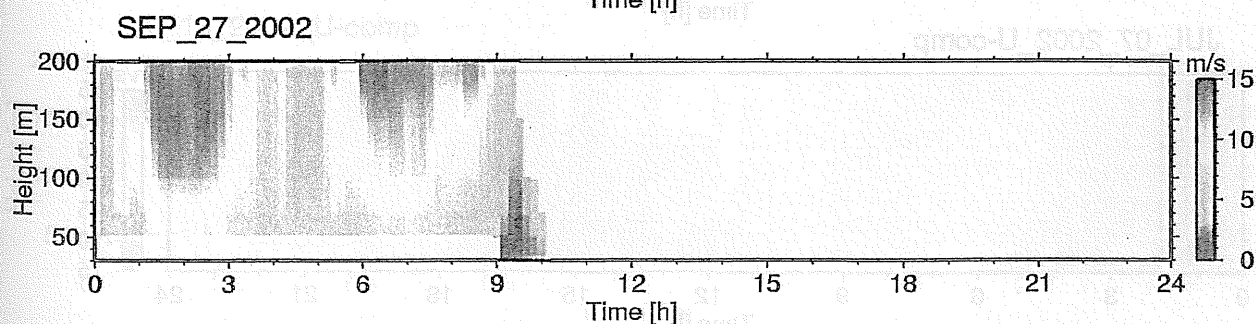
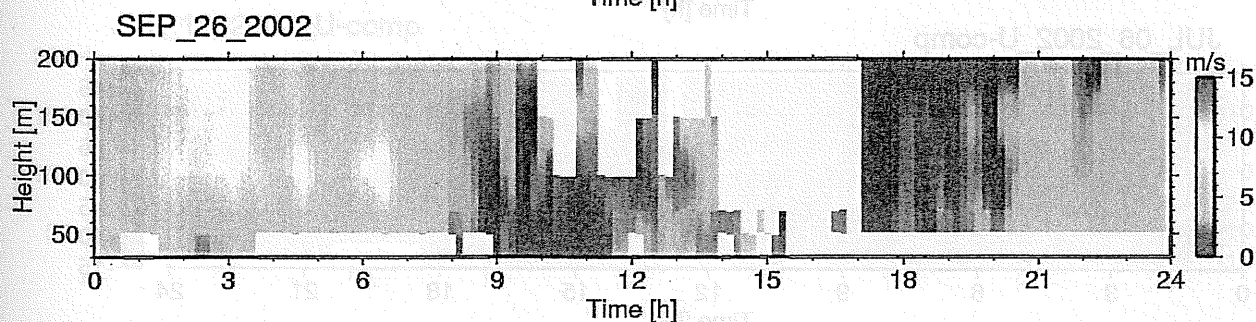
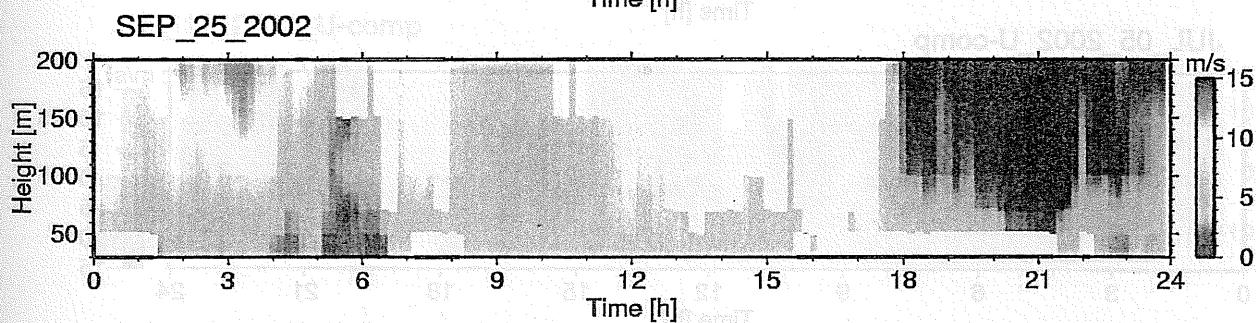
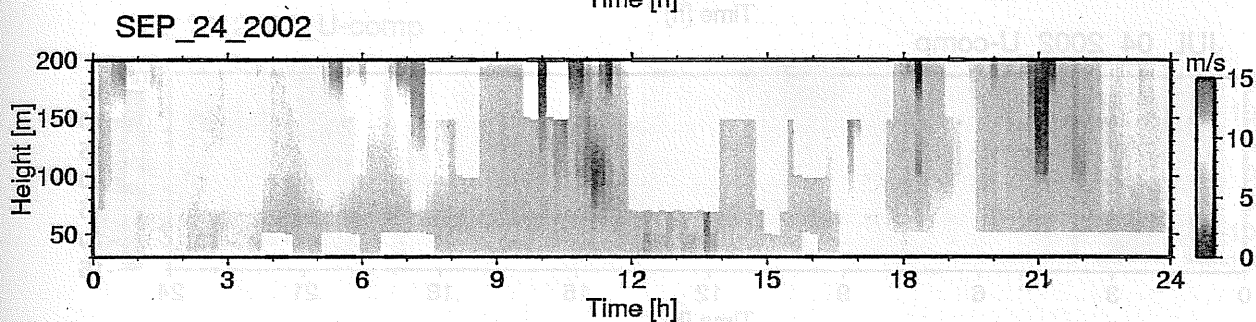
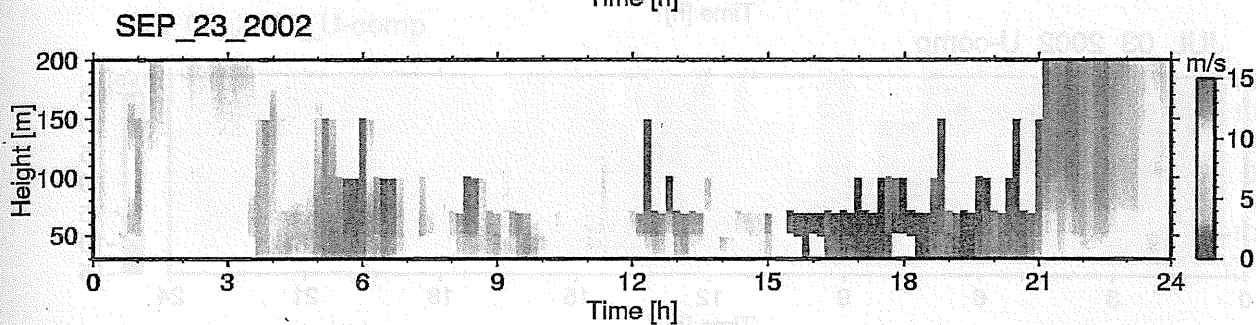
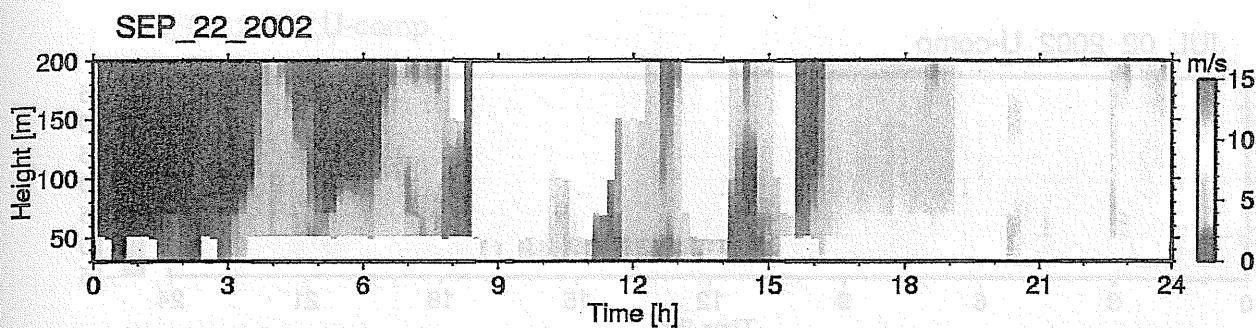


SEP\_15\_2002









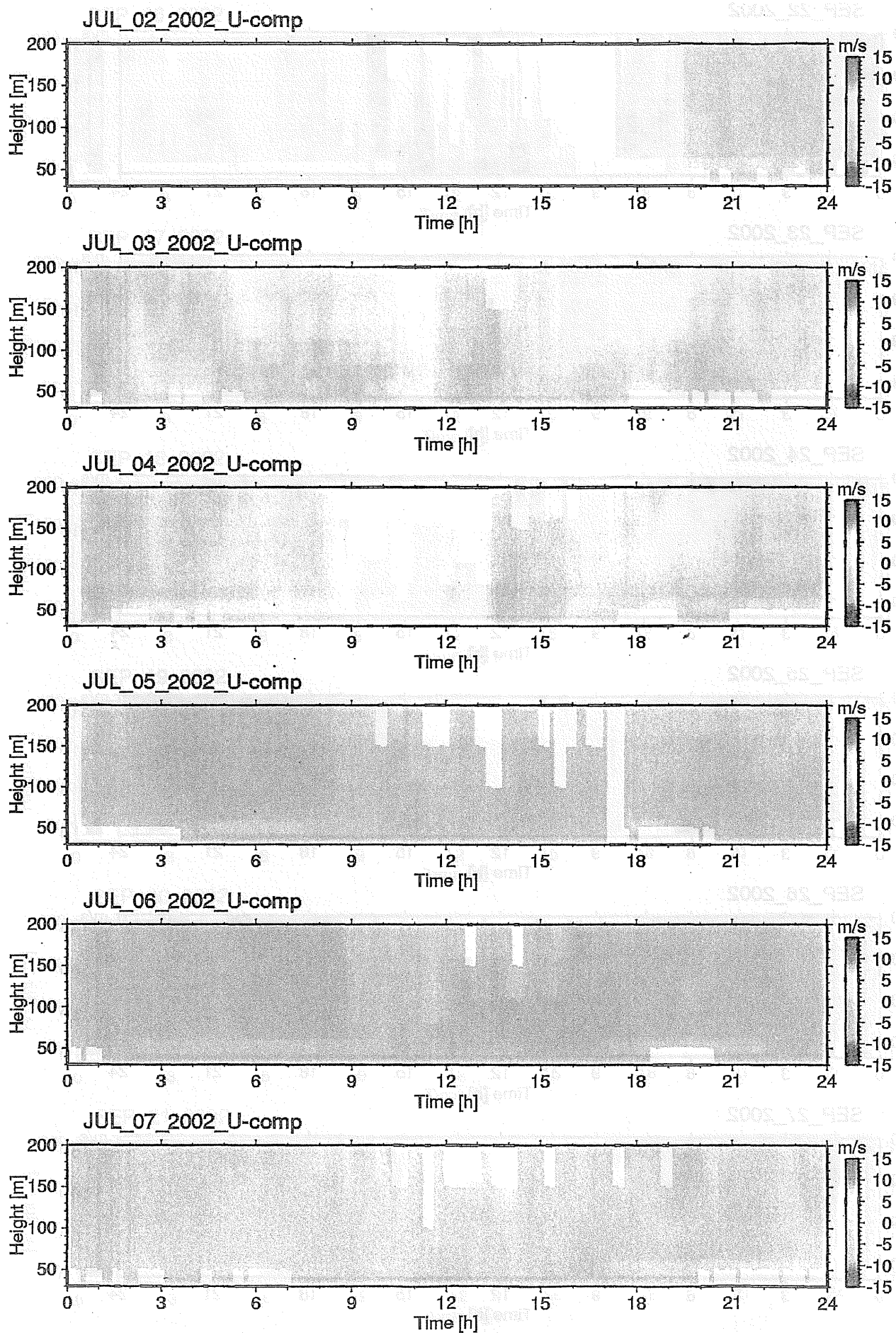
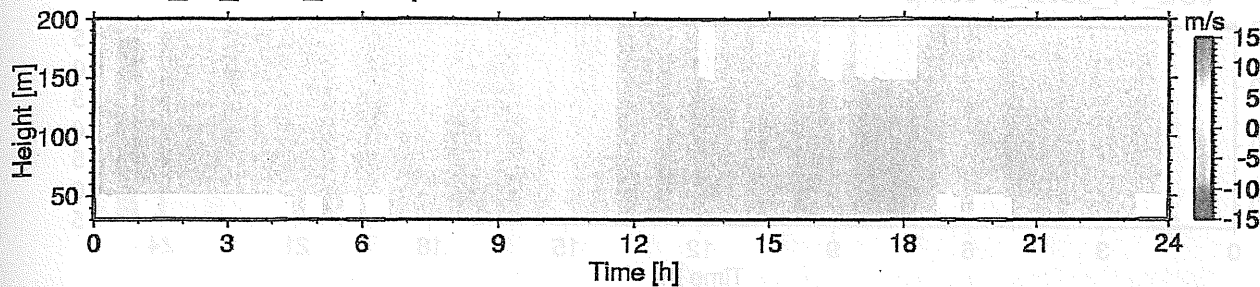


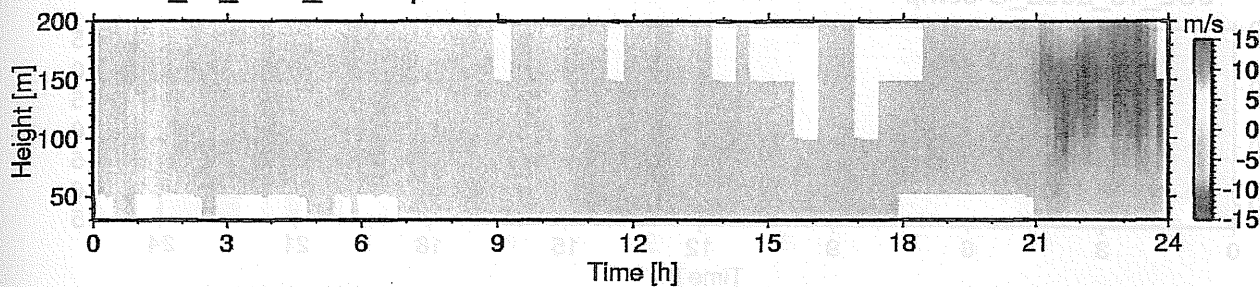
圖-3.3.2 U 成分風速



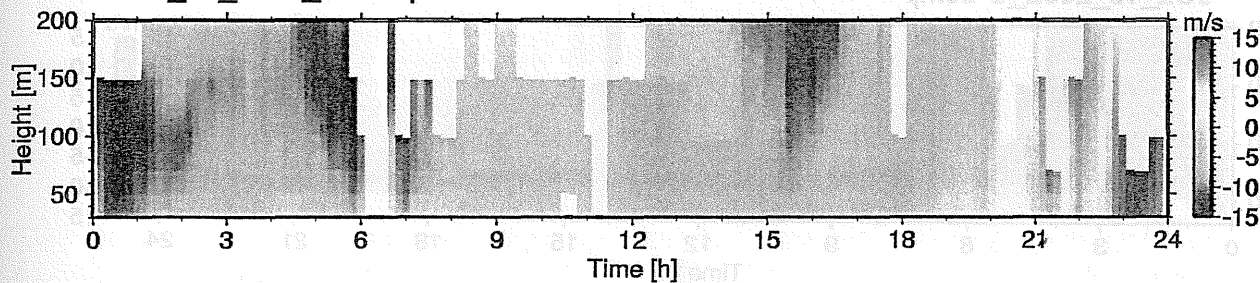
JUL\_08\_2002\_U-comp



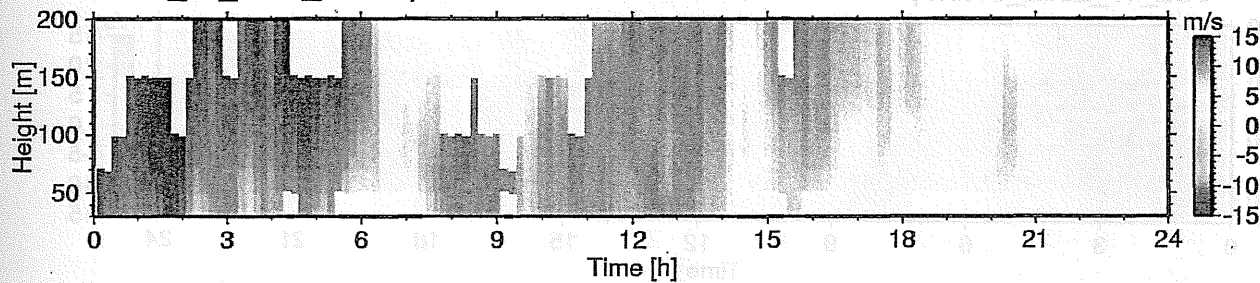
JUL\_09\_2002\_U-comp



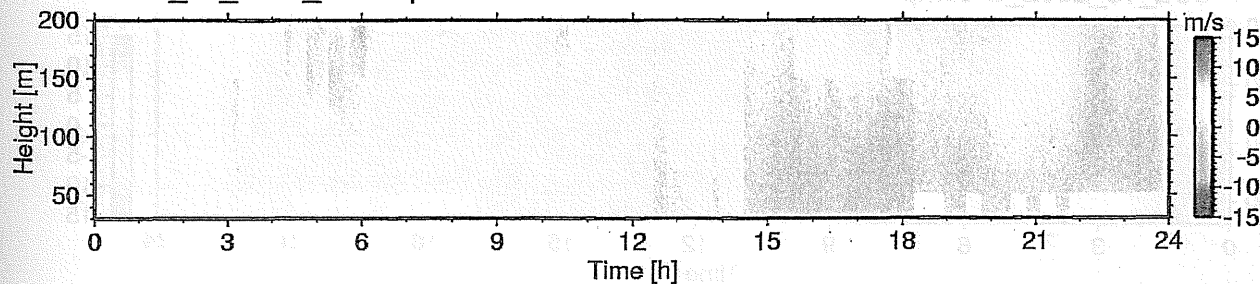
JUL\_10\_2002\_U-comp



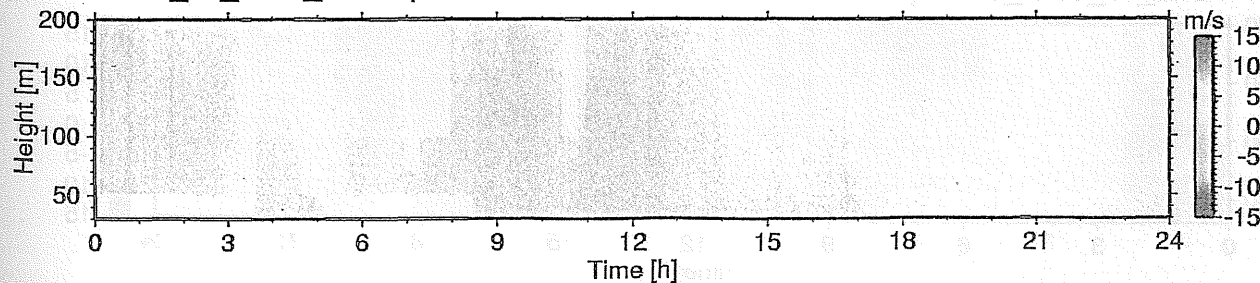
JUL\_11\_2002\_U-comp

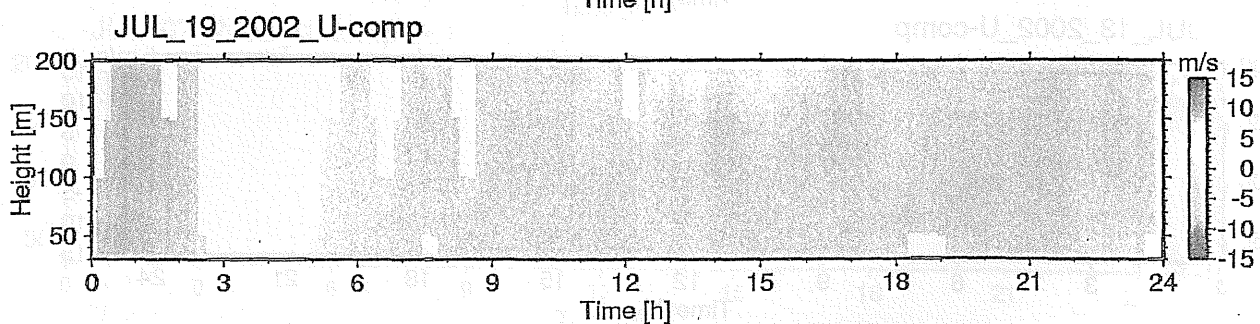
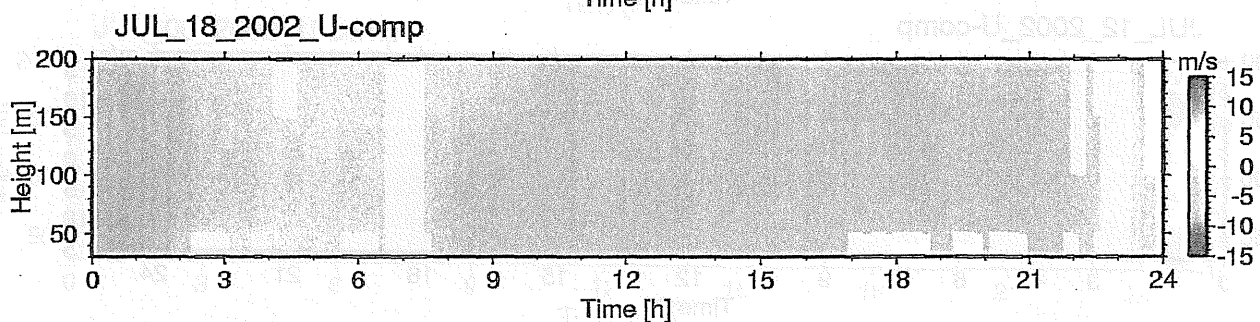
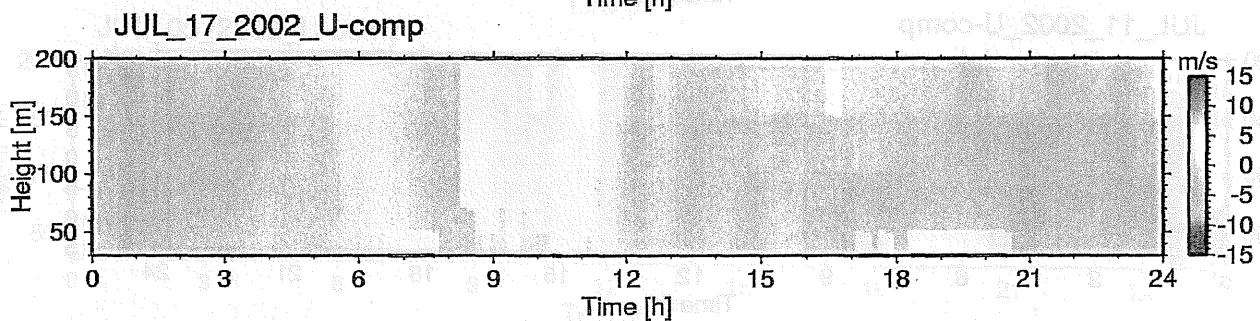
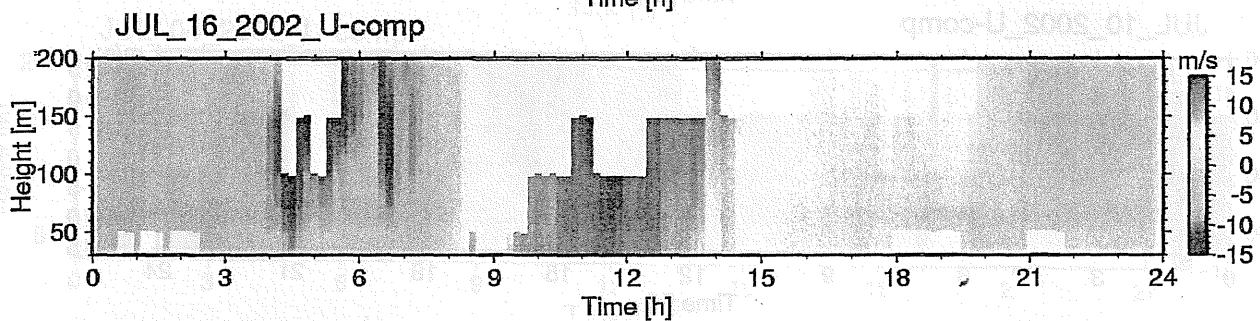
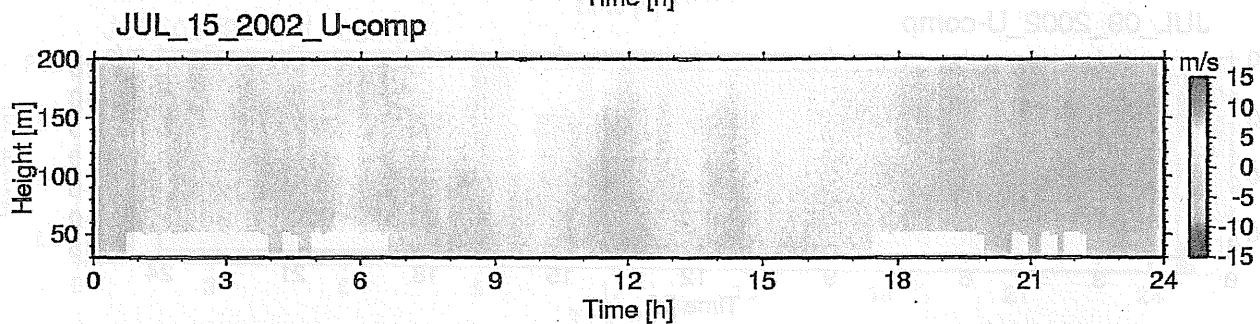
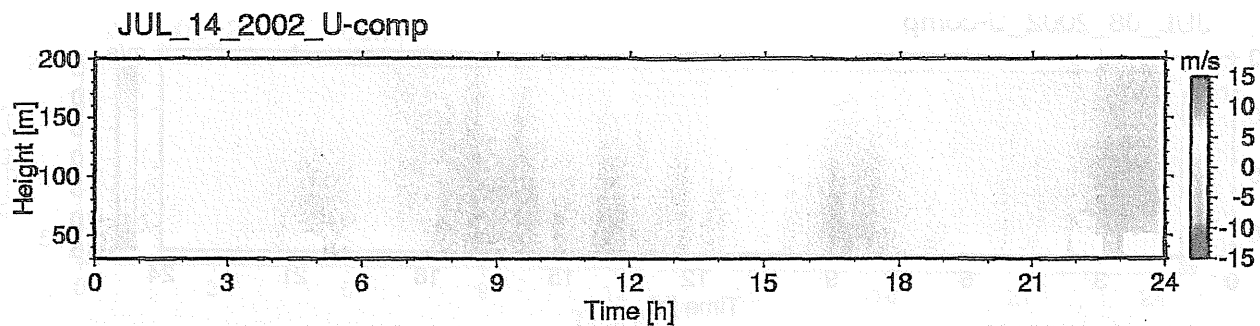


JUL\_12\_2002\_U-comp

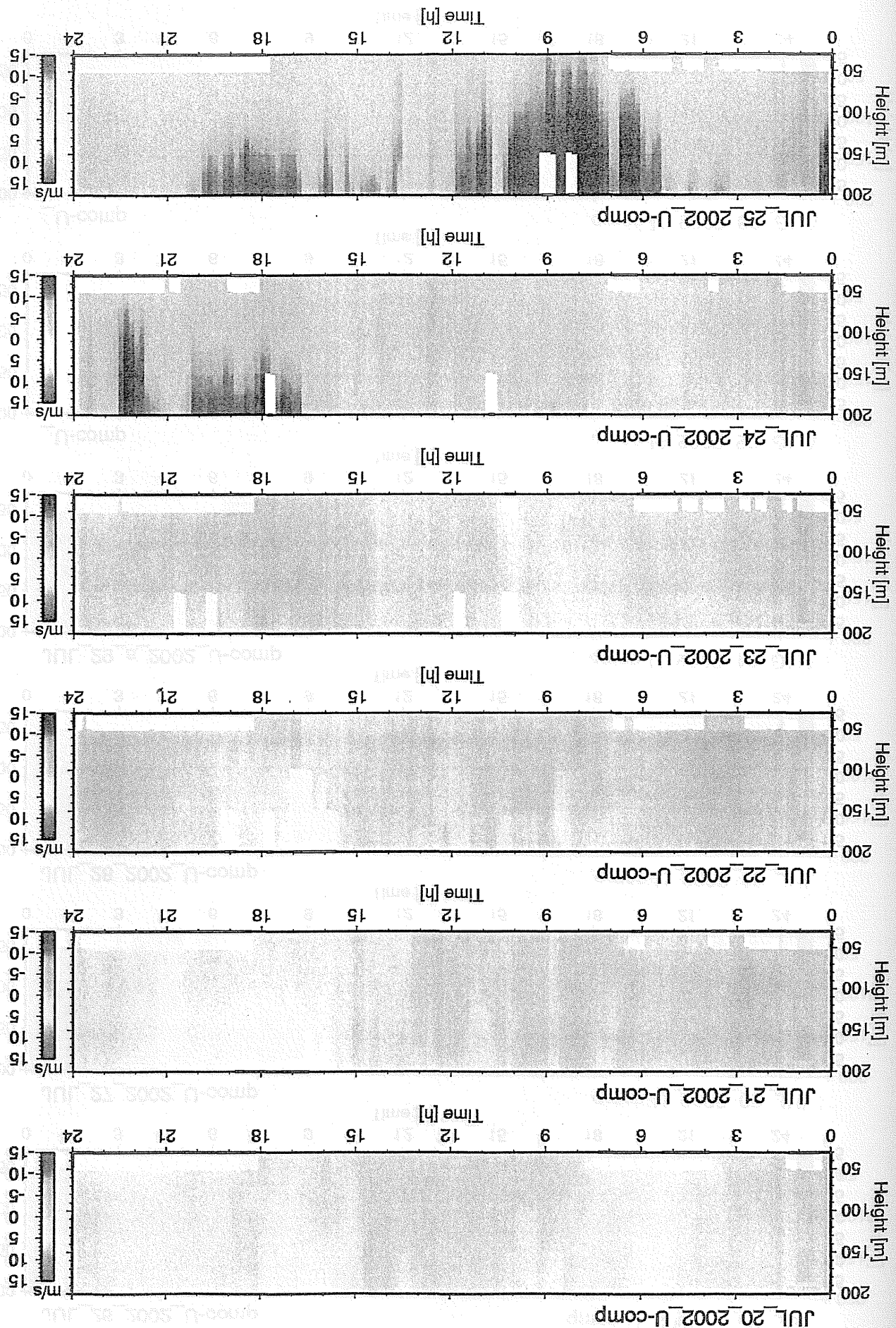


JUL\_13\_2002\_U-comp

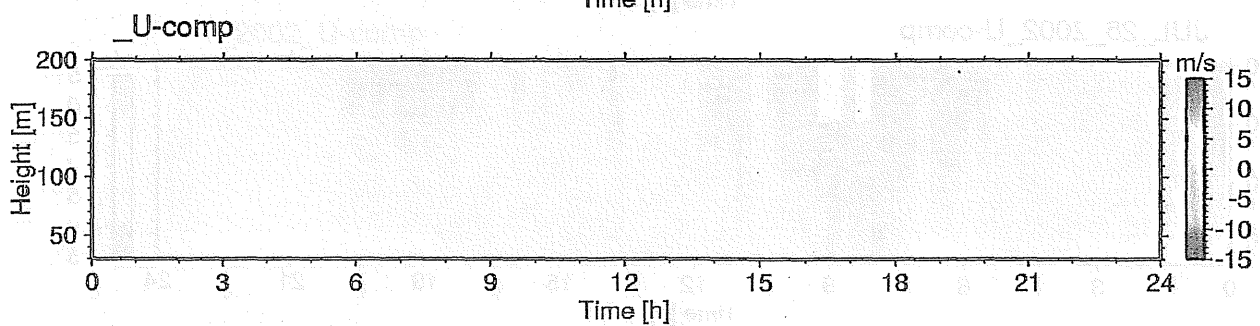
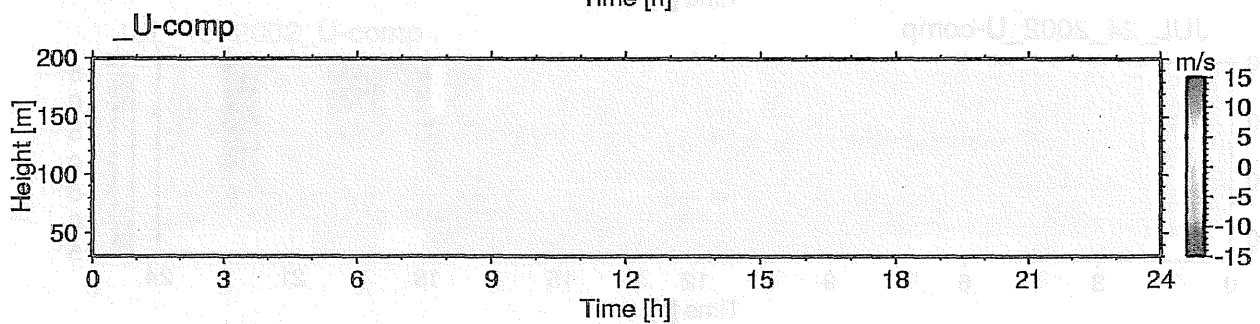
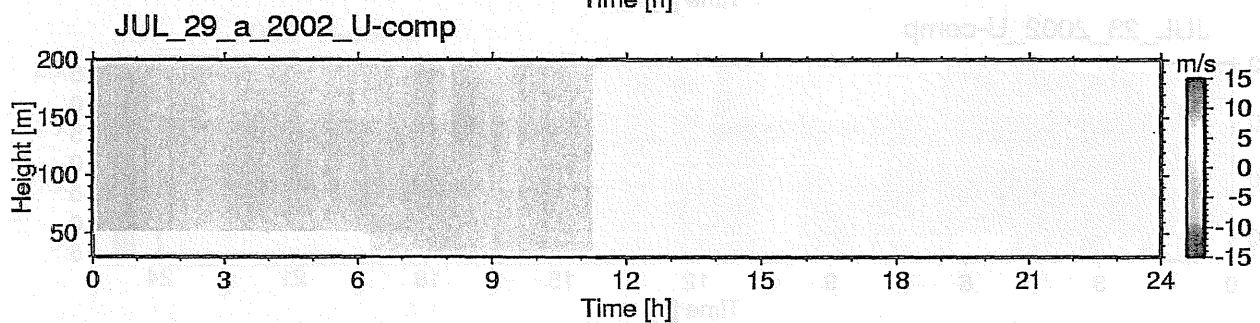
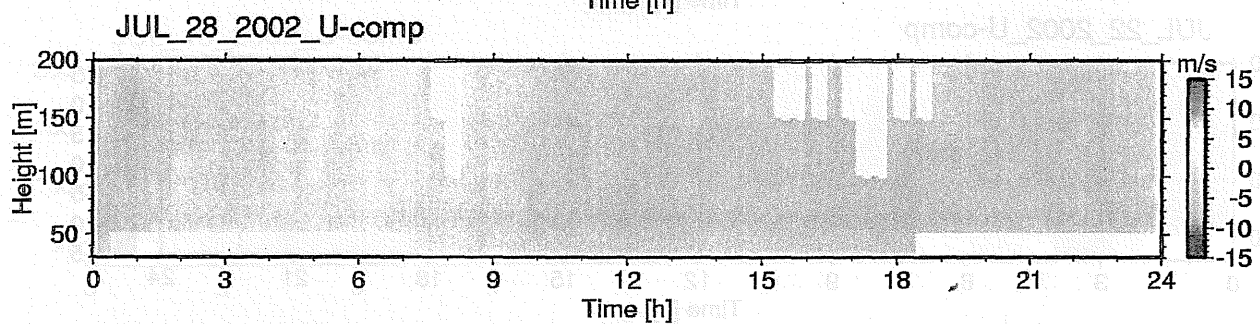
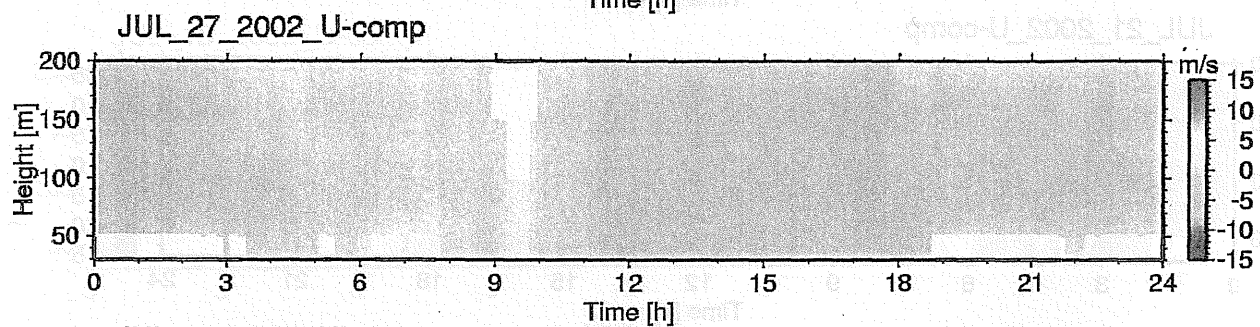
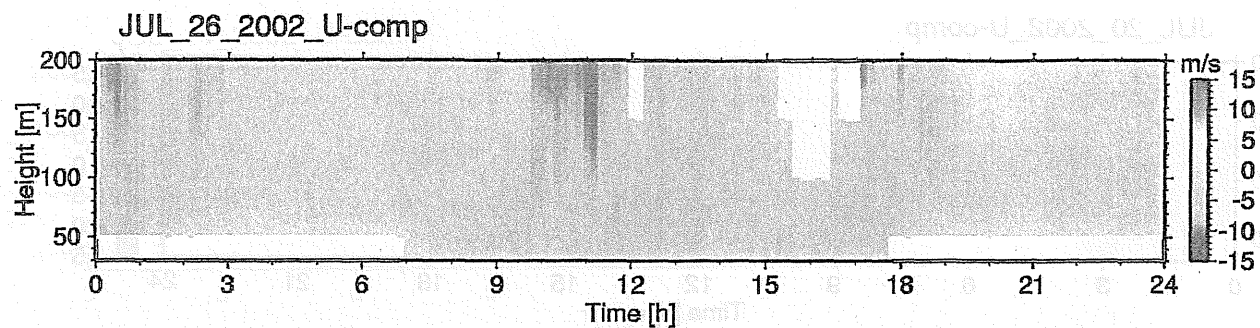




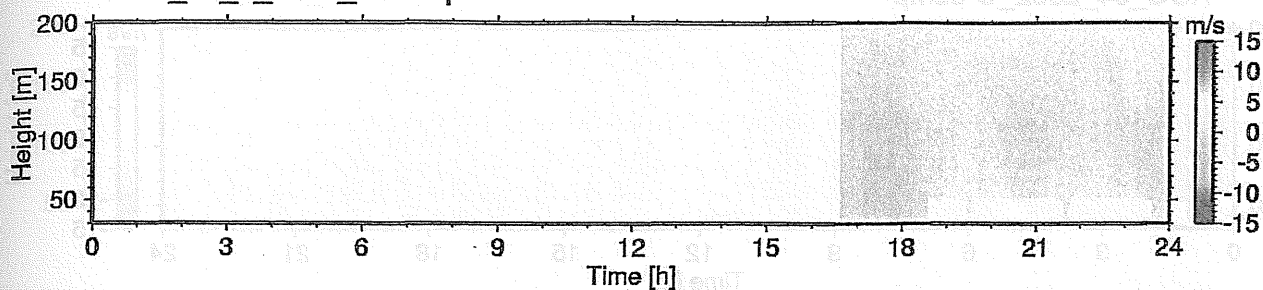




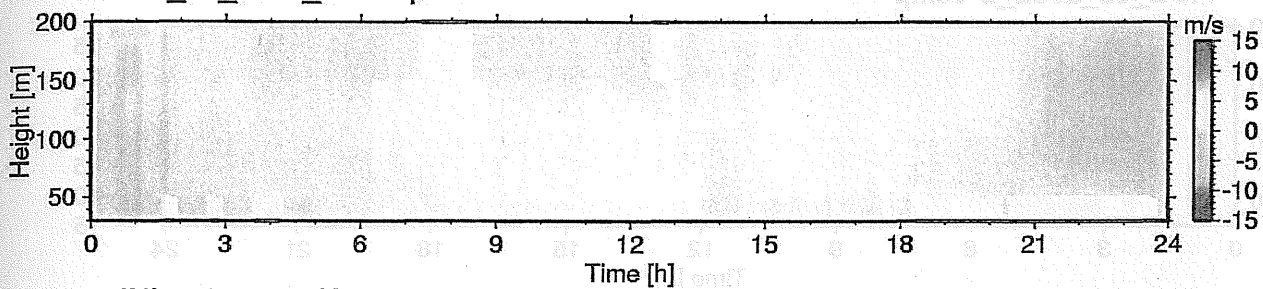




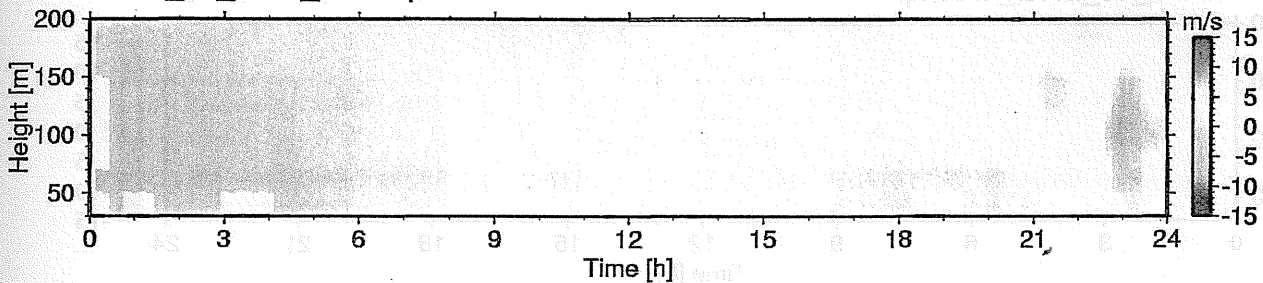
JUL\_29\_b\_2002\_U-comp



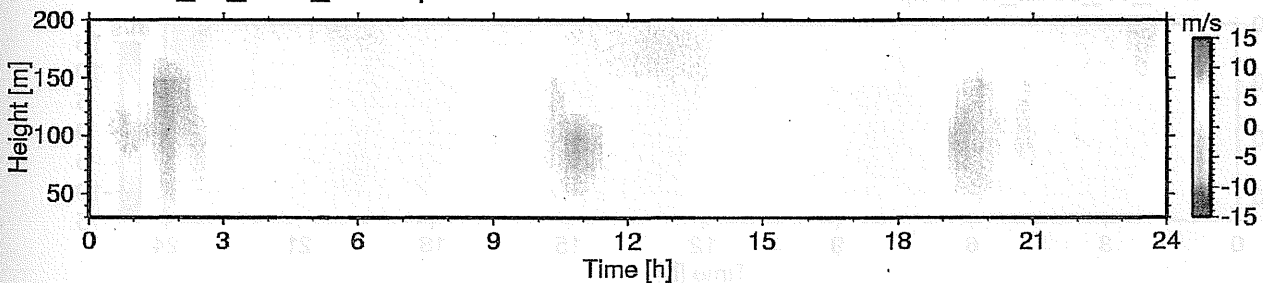
JUL\_30\_2002\_U-comp



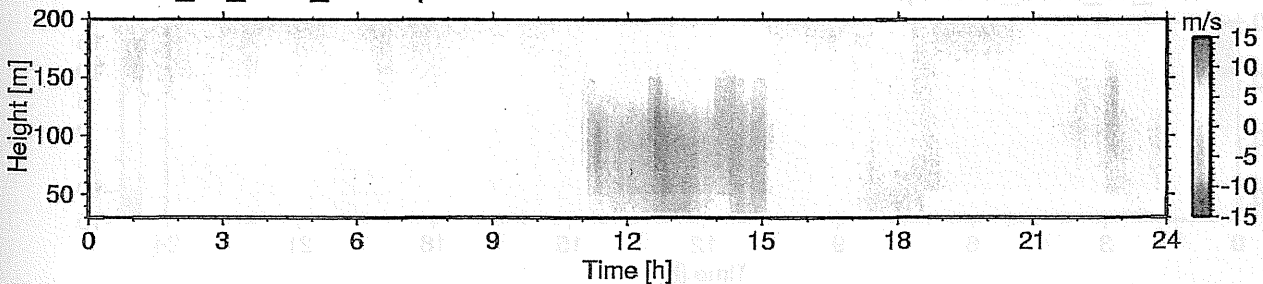
JUL\_31\_2002\_U-comp



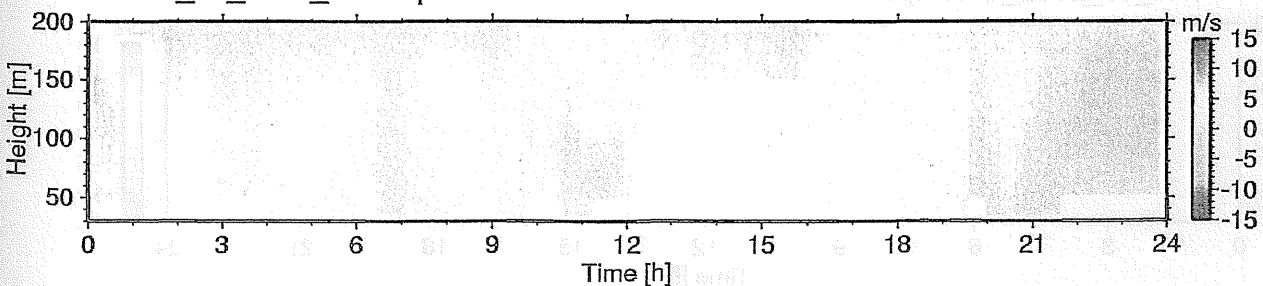
AUG\_01\_2002\_U-comp

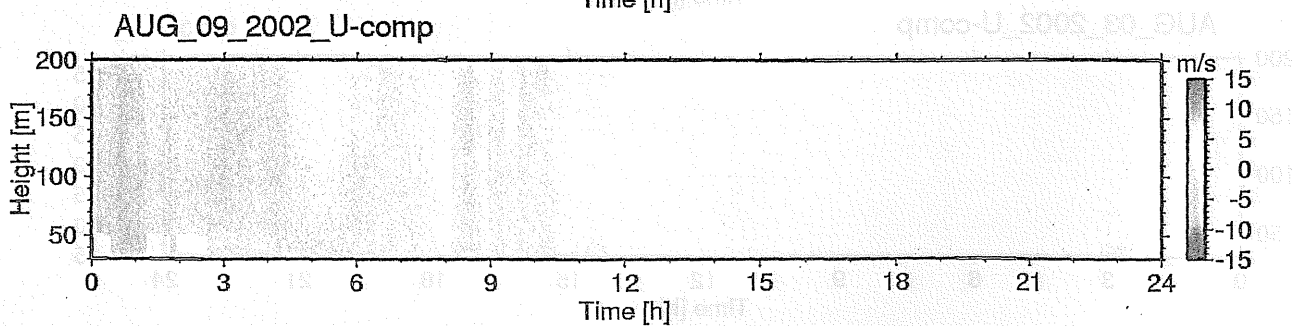
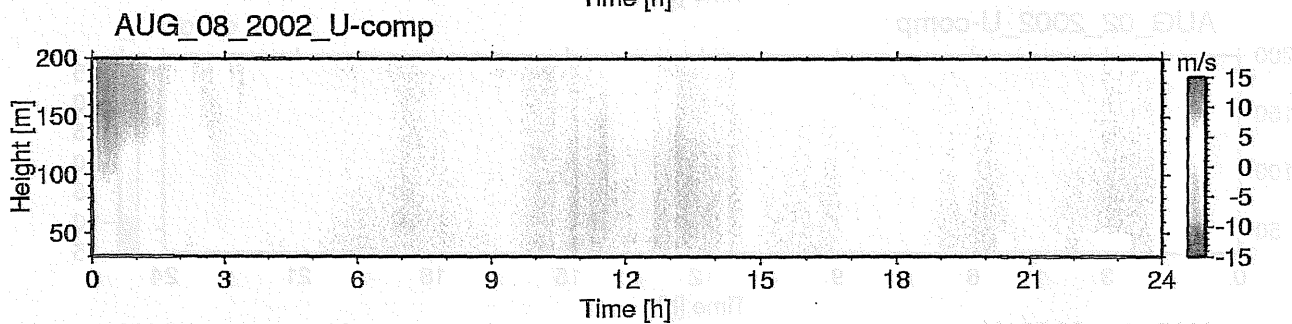
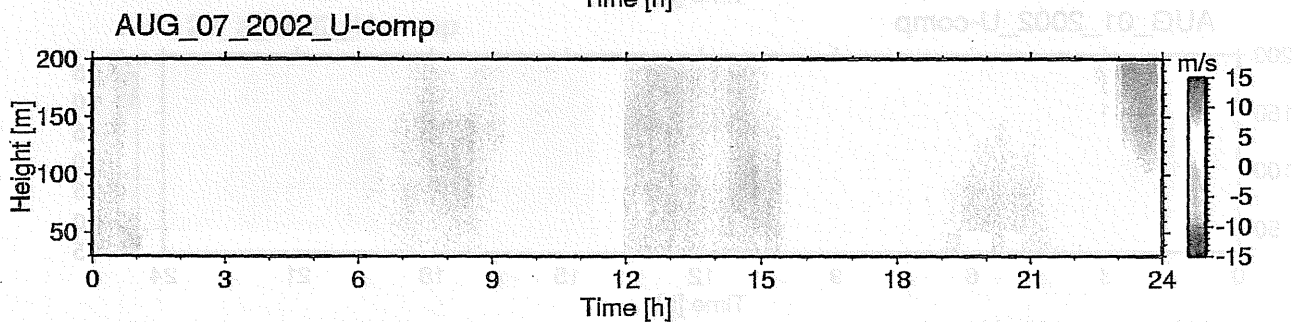
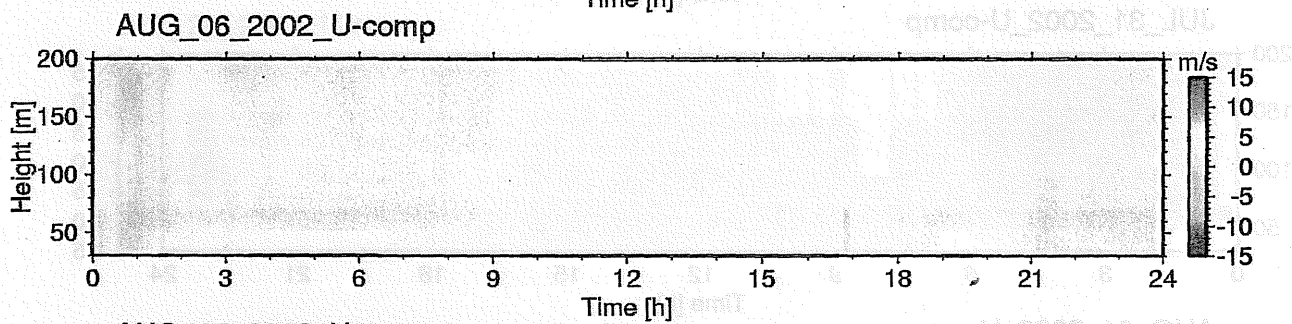
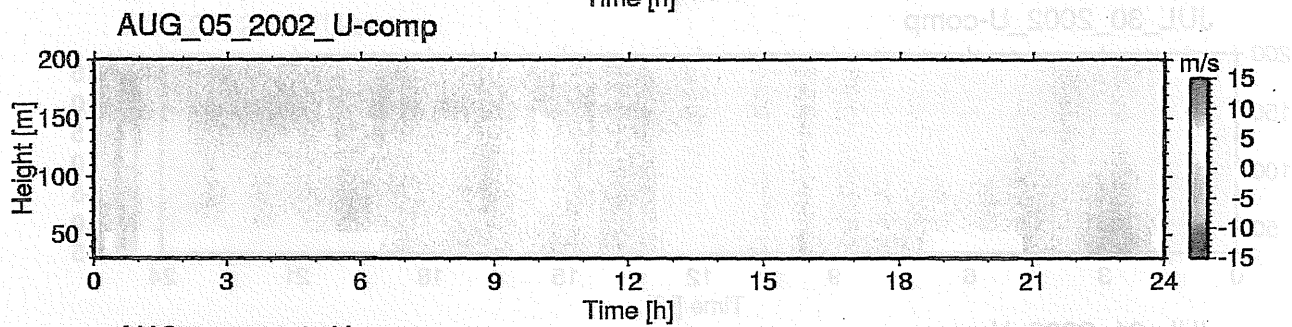
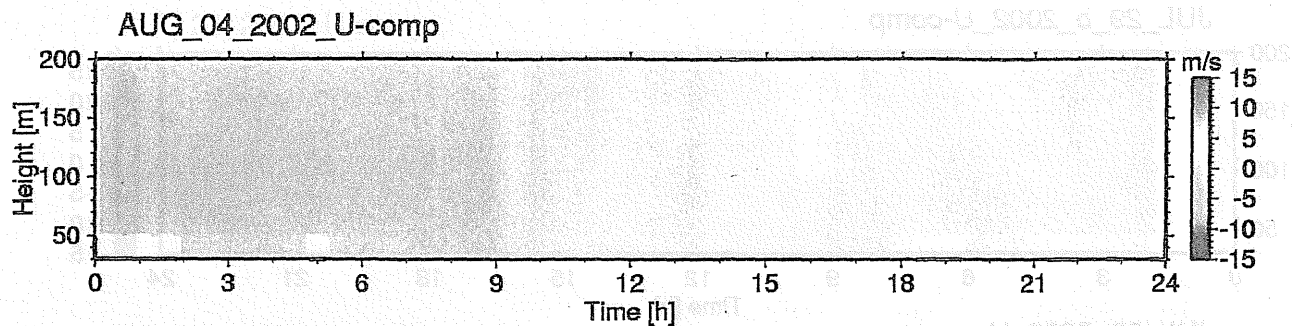


AUG\_02\_2002\_U-comp



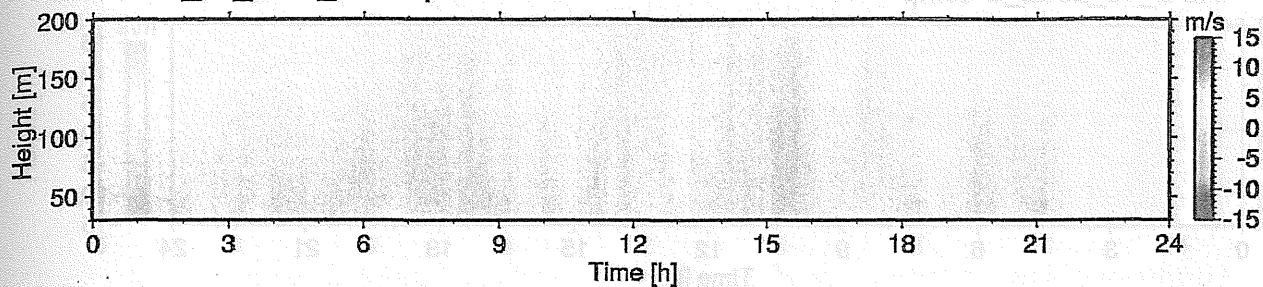
AUG\_03\_2002\_U-comp



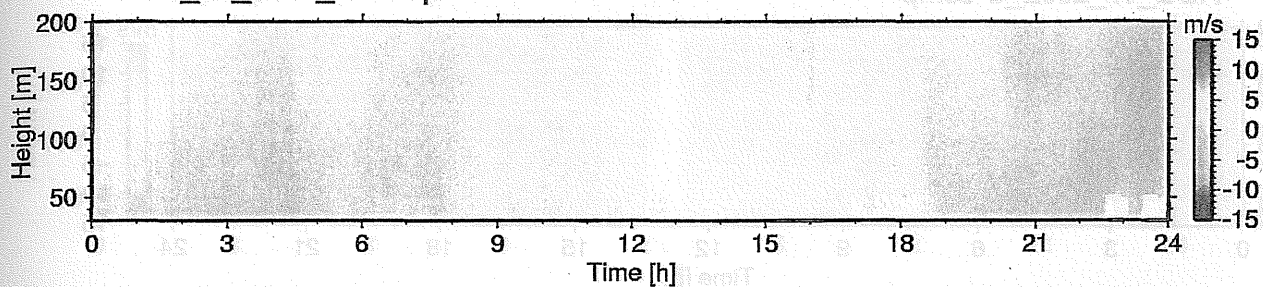




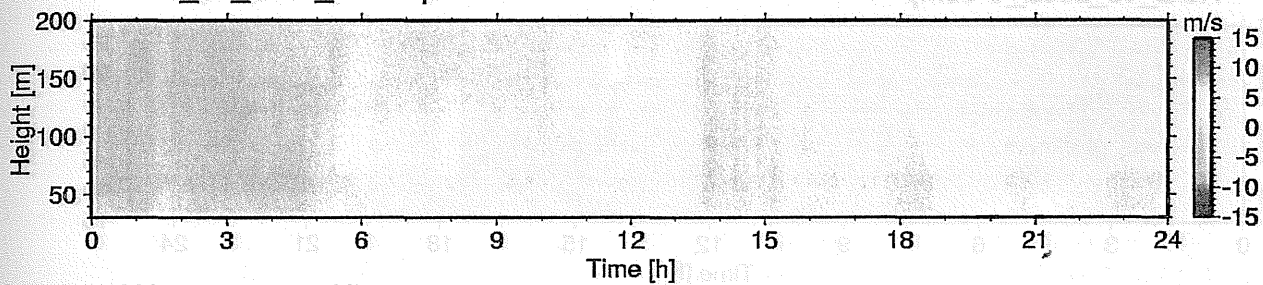
AUG\_10\_2002\_U-comp



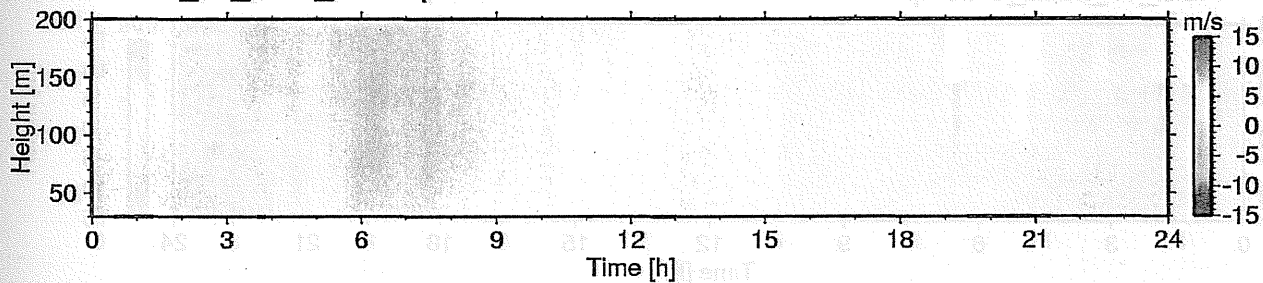
AUG\_11\_2002\_U-comp



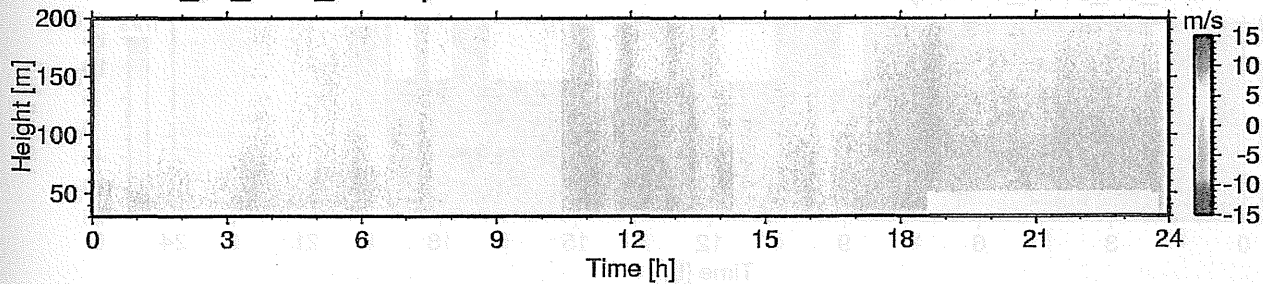
AUG\_12\_2002\_U-comp



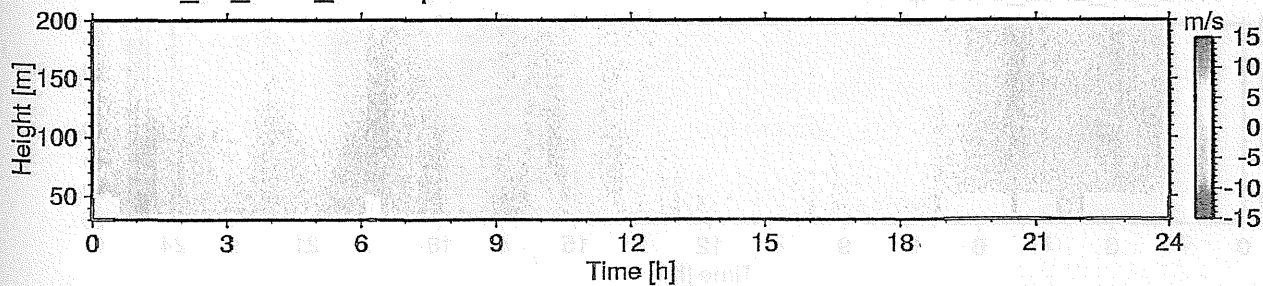
AUG\_13\_2002\_U-comp

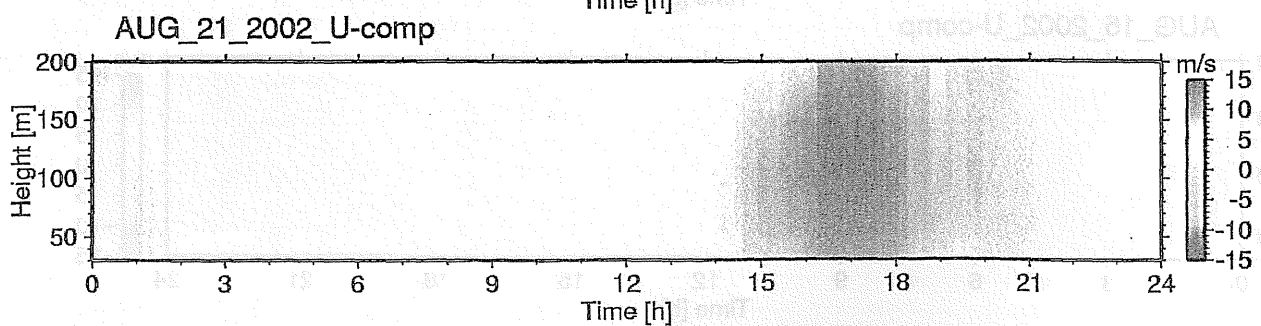
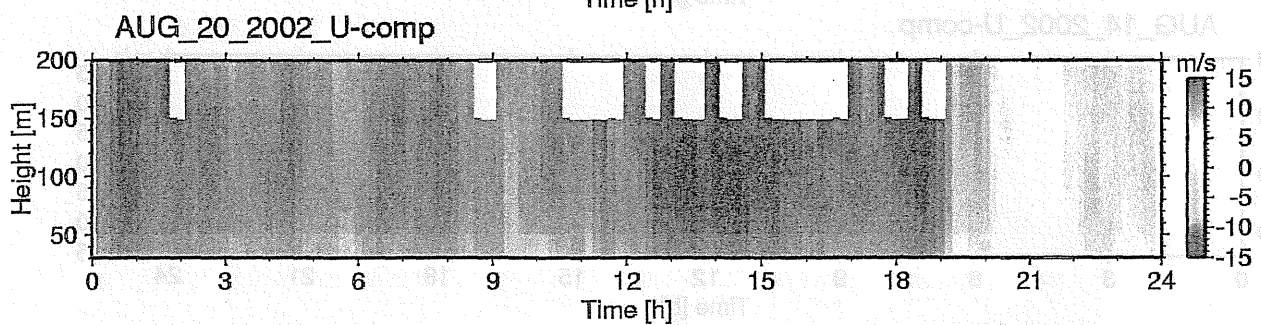
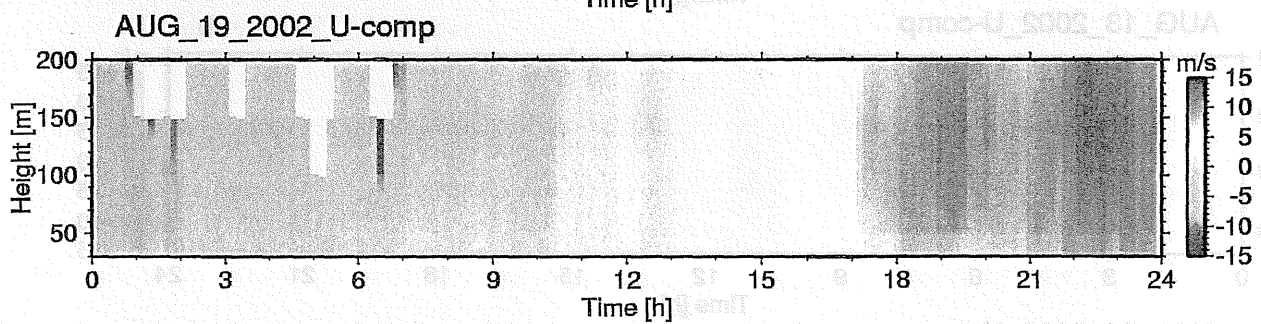
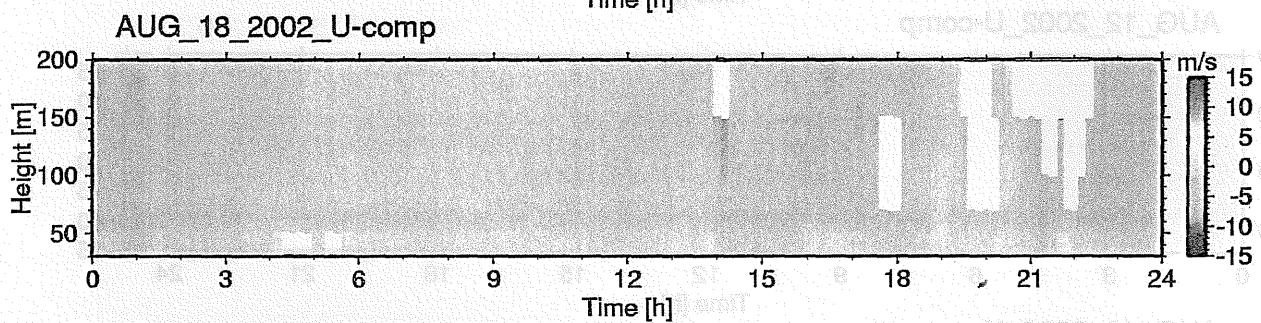
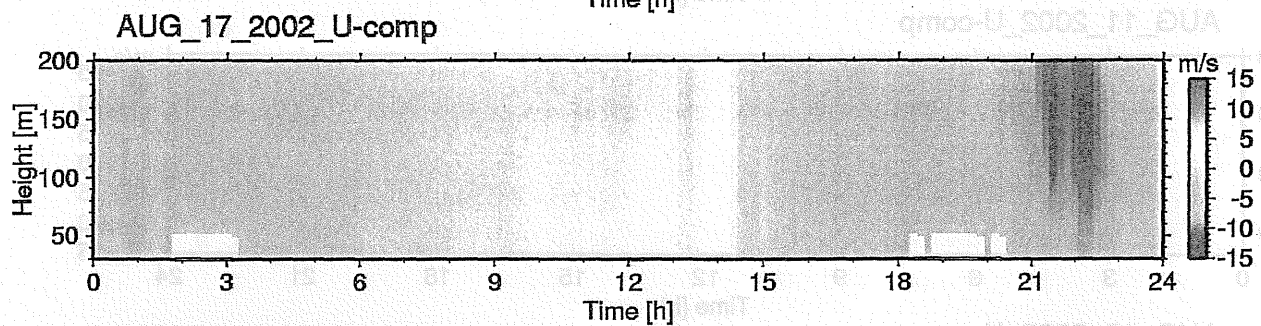
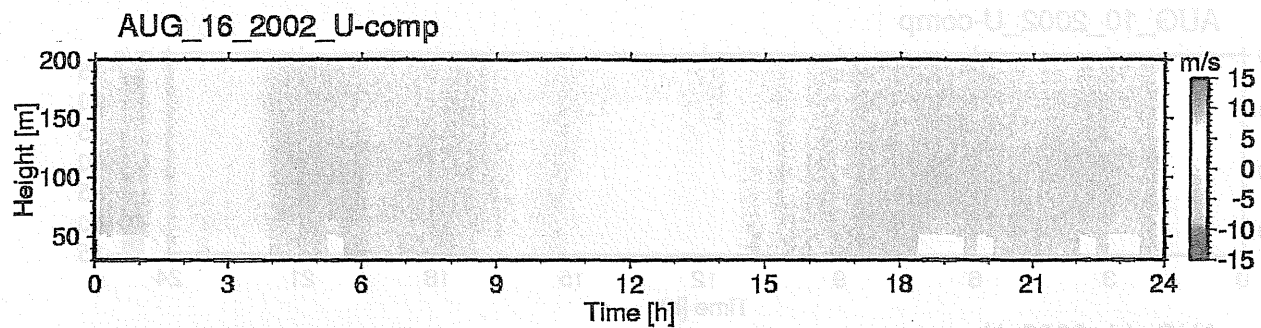


AUG\_14\_2002\_U-comp



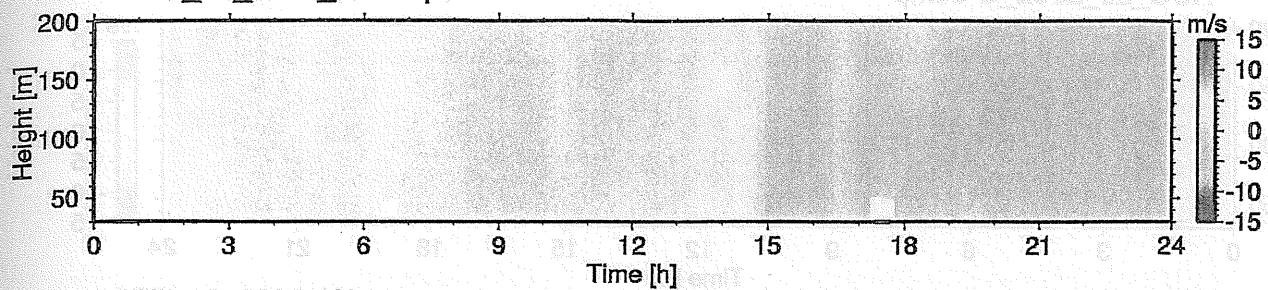
AUG\_15\_2002\_U-comp



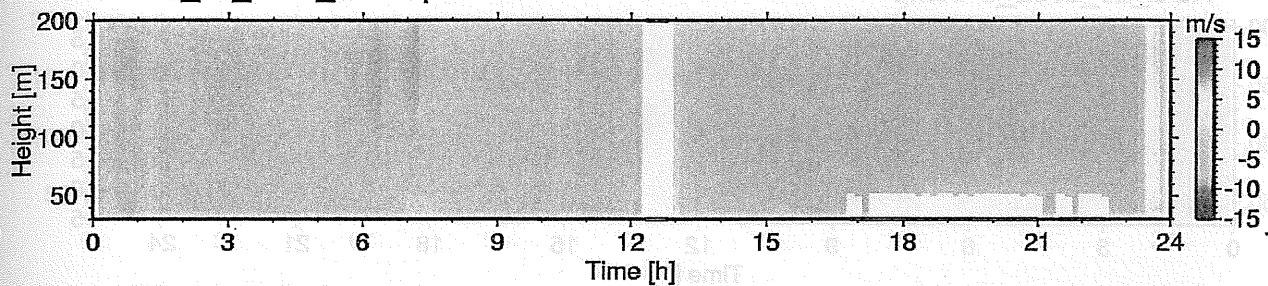




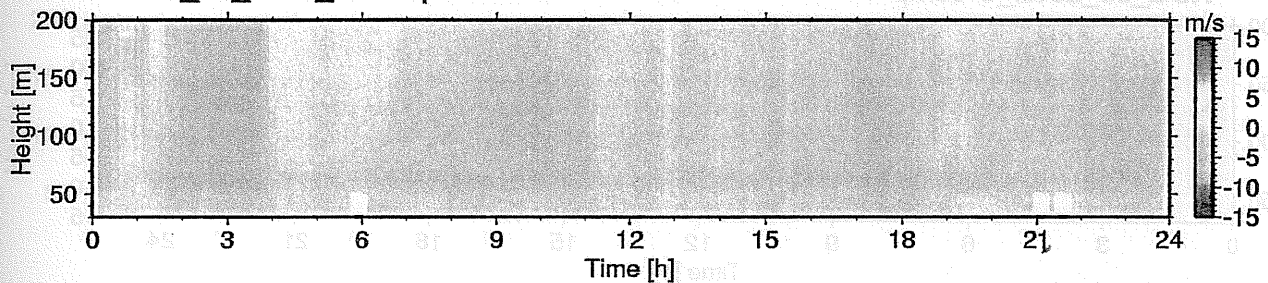
AUG\_22\_2002\_U-comp



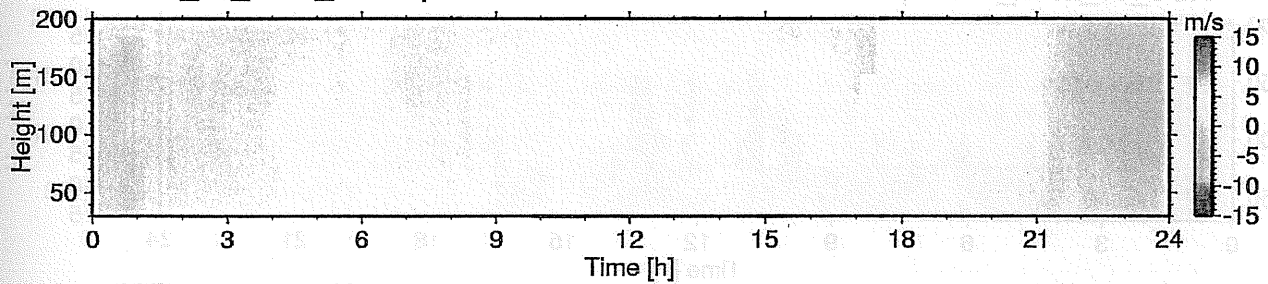
AUG\_23\_2002\_U-comp



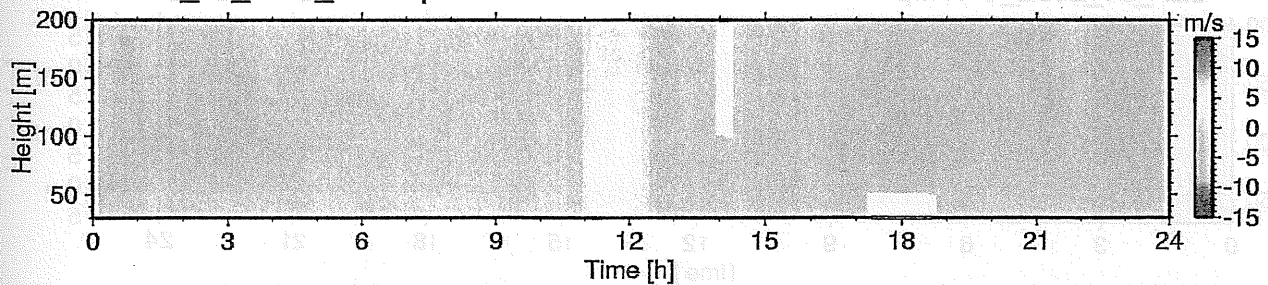
AUG\_24\_2002\_U-comp



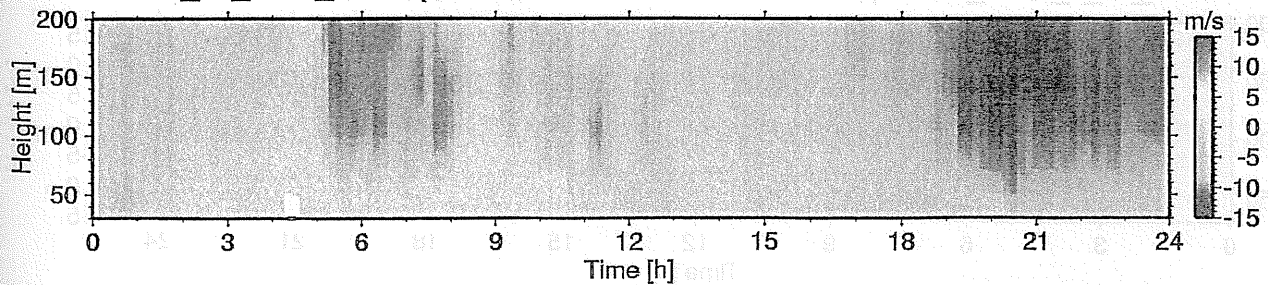
AUG\_25\_2002\_U-comp



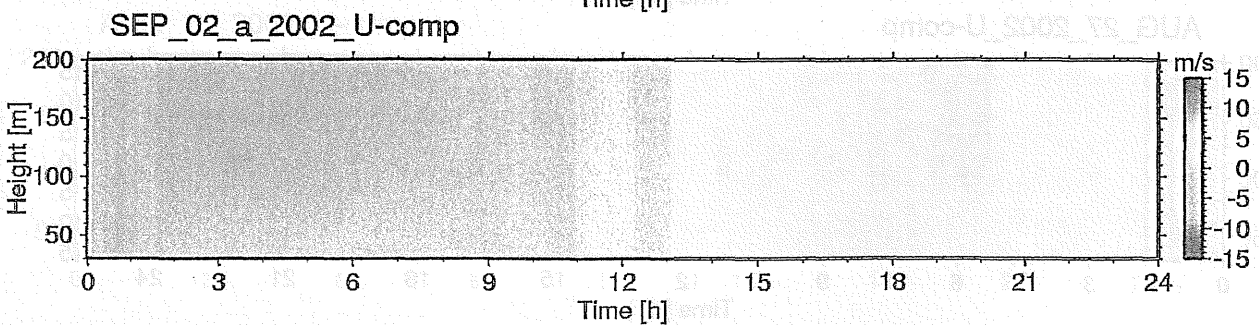
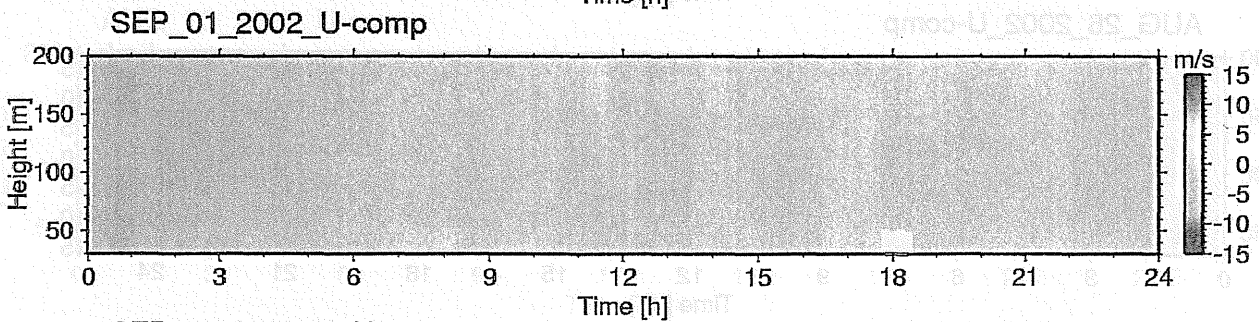
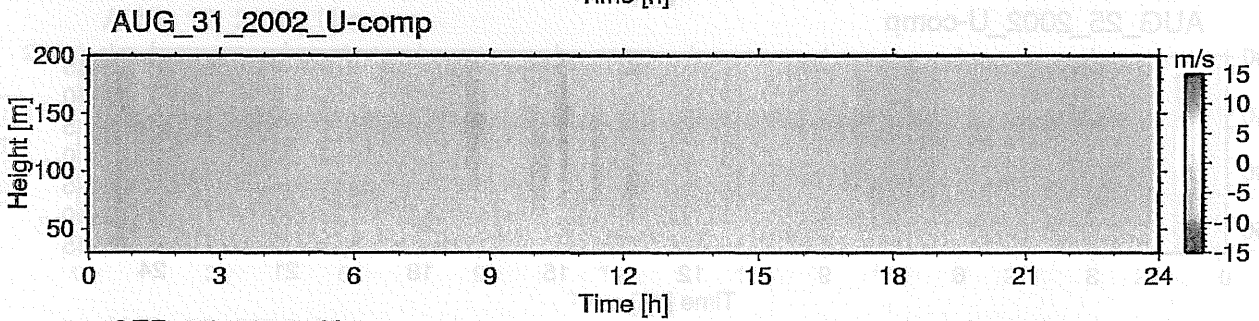
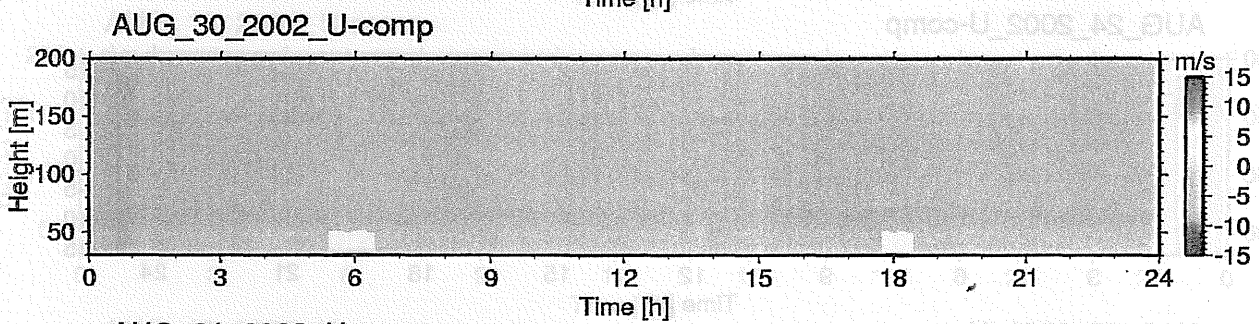
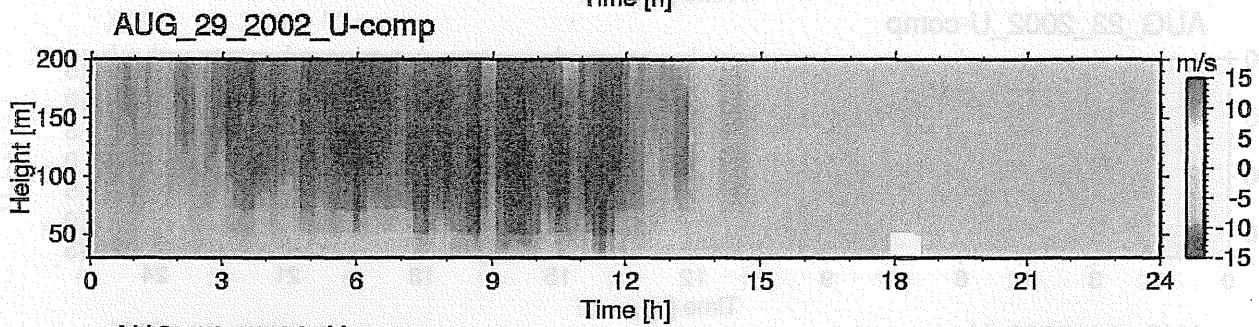
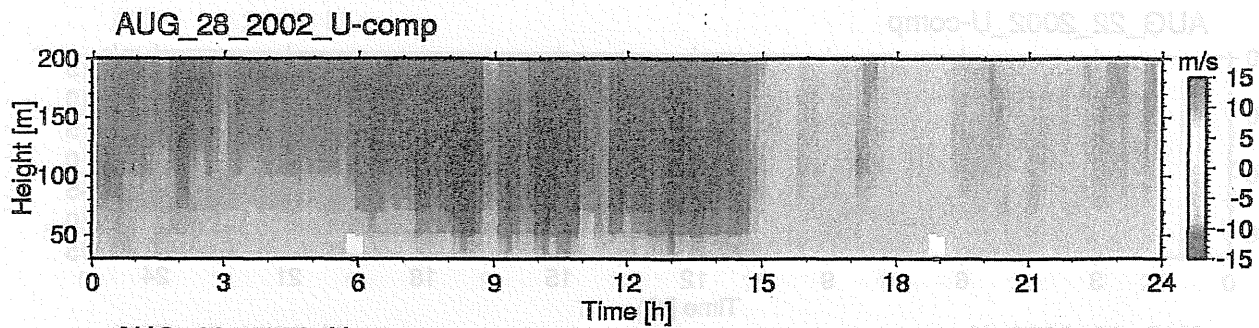
AUG\_26\_2002\_U-comp



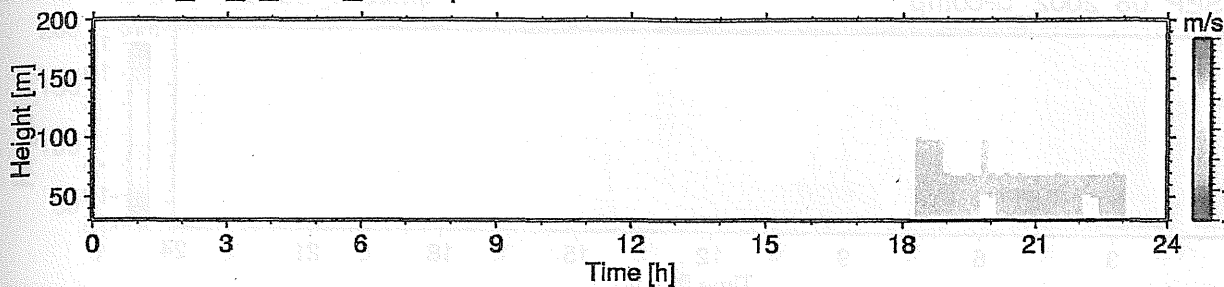
AUG\_27\_2002\_U-comp



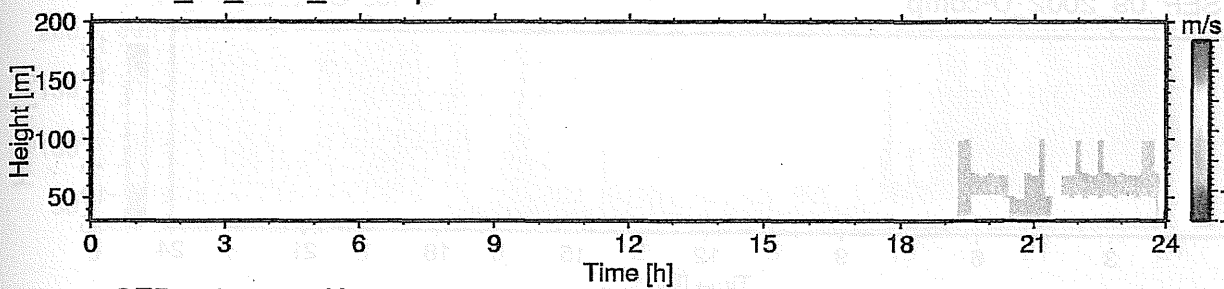




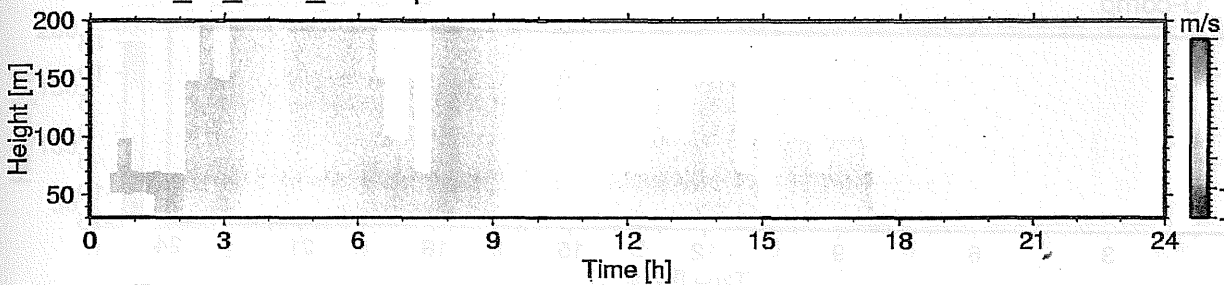
SEP\_02\_b\_2002\_U-comp



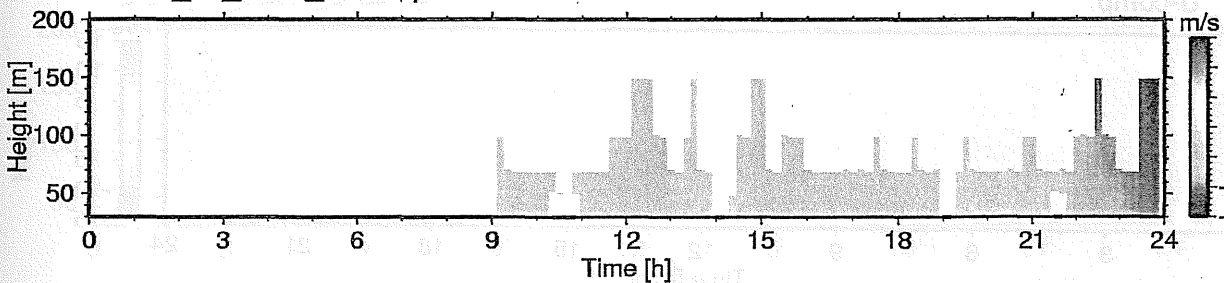
SEP\_03\_2002\_U-comp



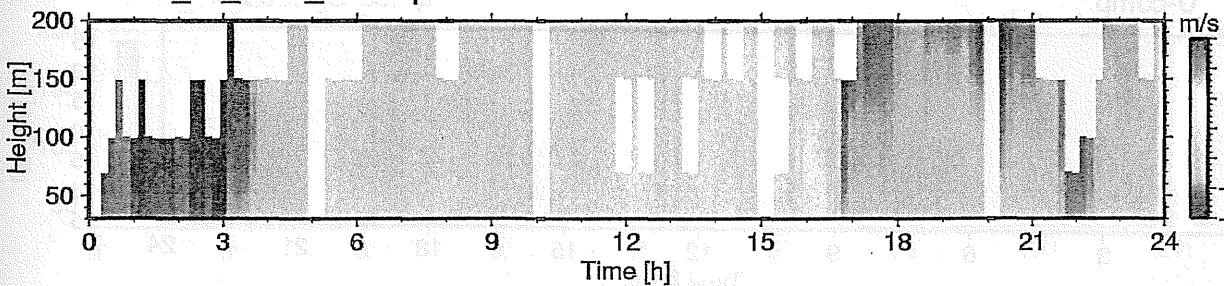
SEP\_04\_2002\_U-comp



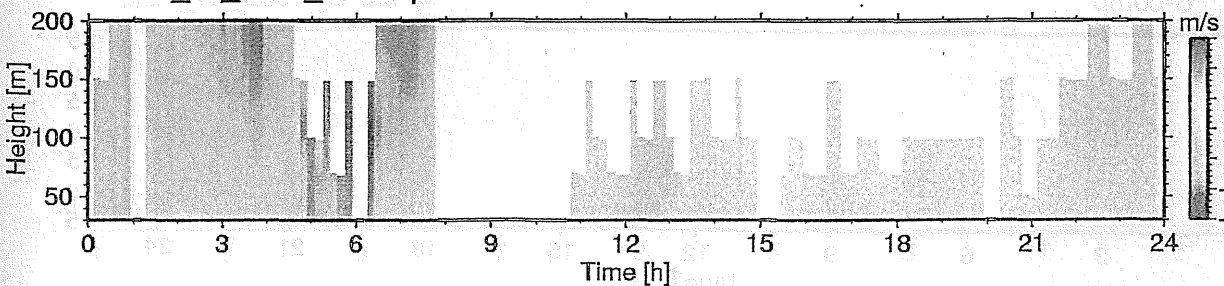
SEP\_05\_2002\_U-comp

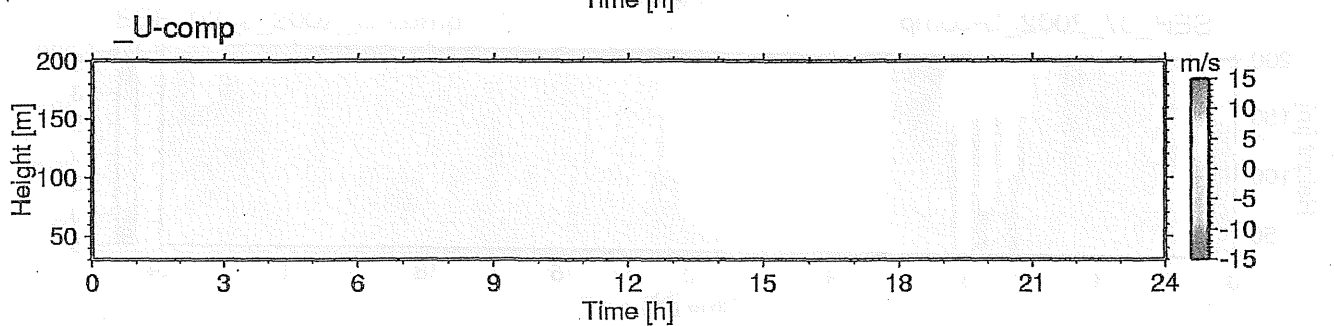
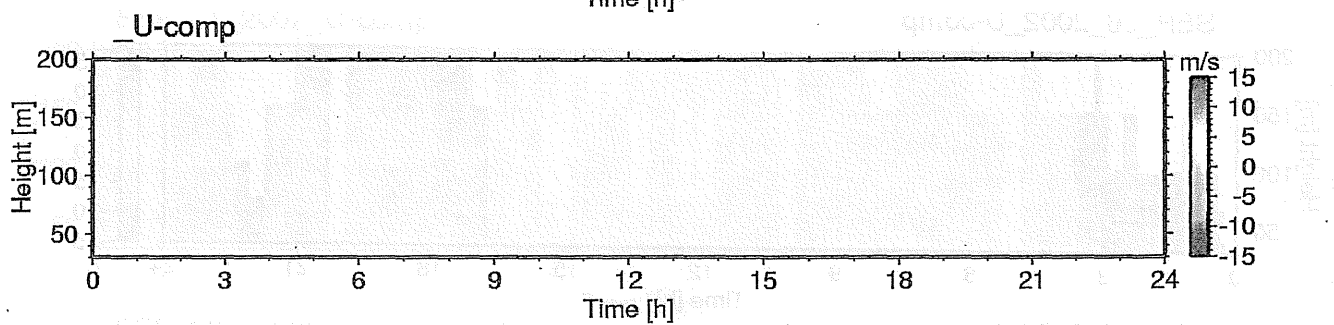
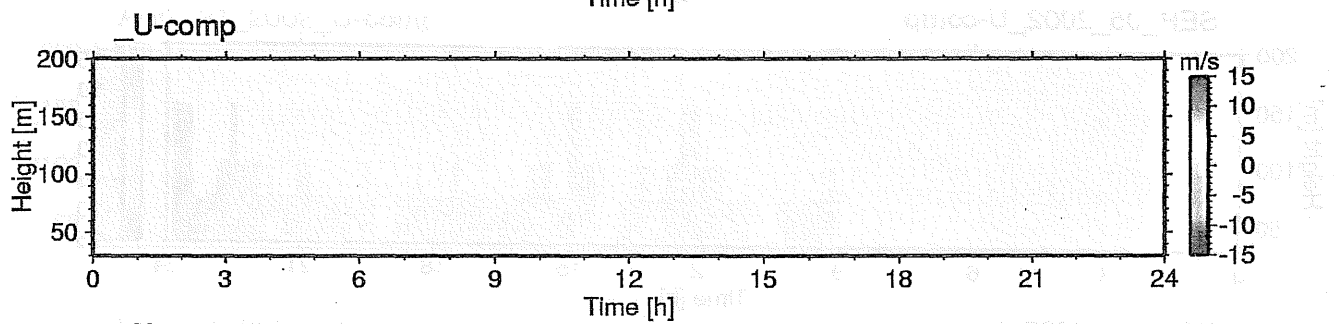
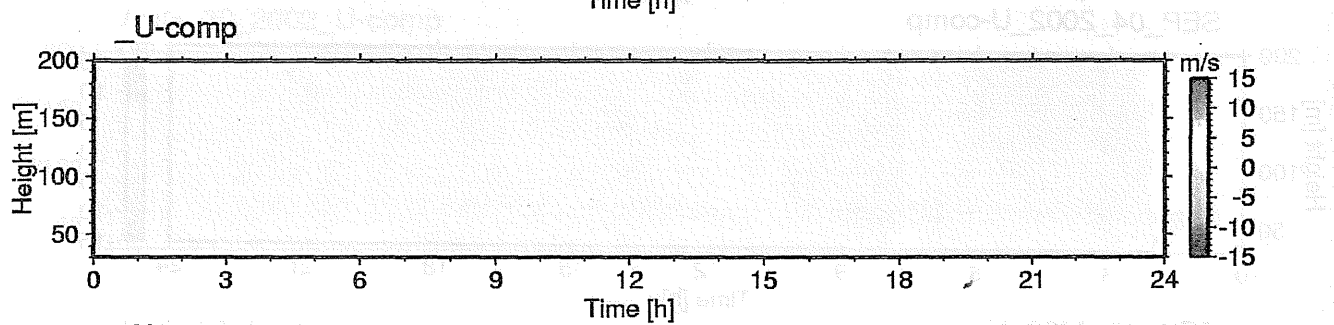
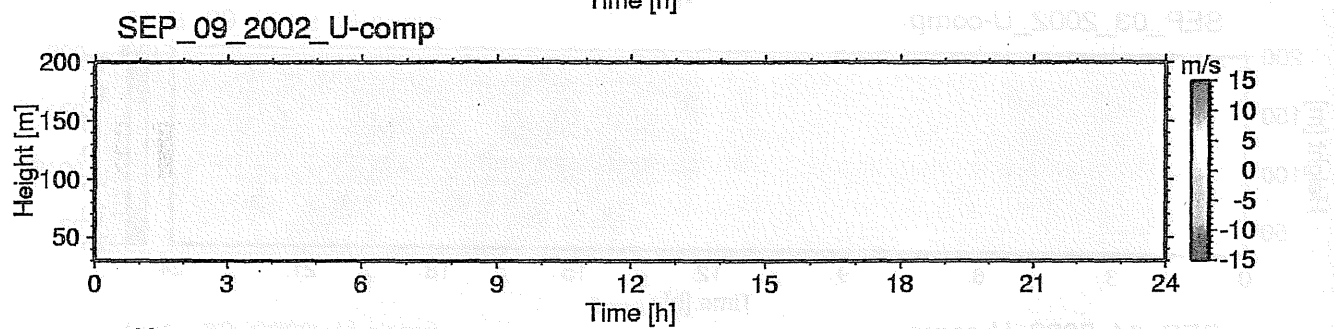
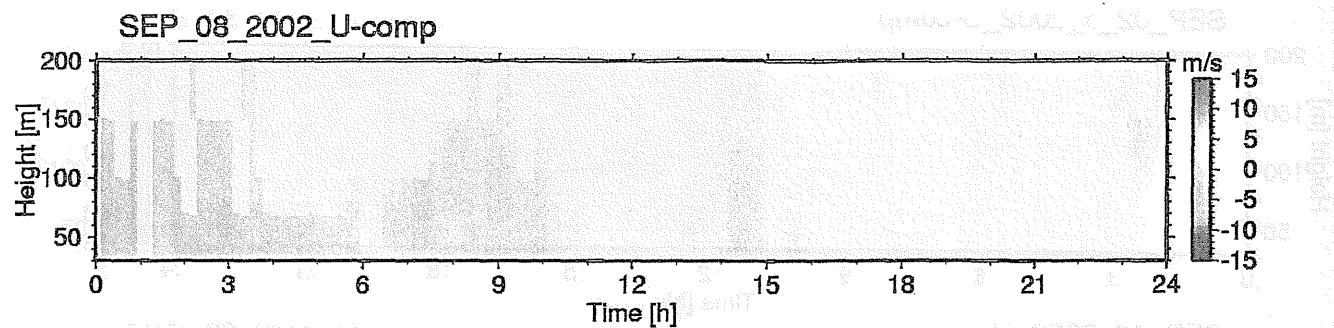


SEP\_06\_2002\_U-comp



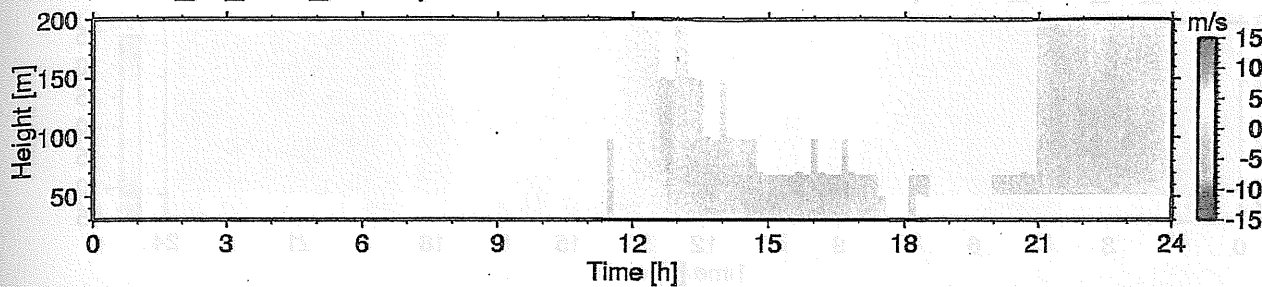
SEP\_07\_2002\_U-comp



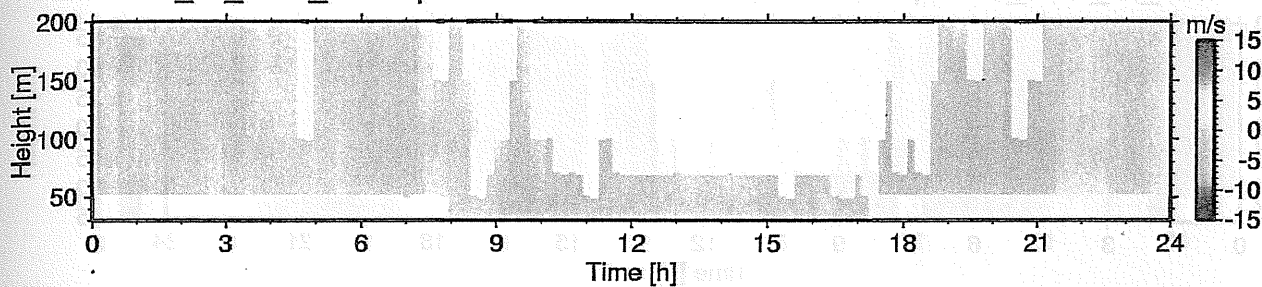




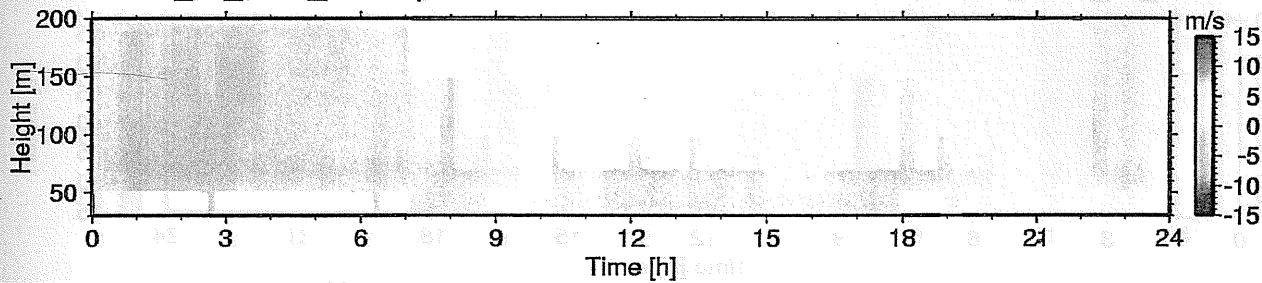
SEP\_10\_2002\_U-comp



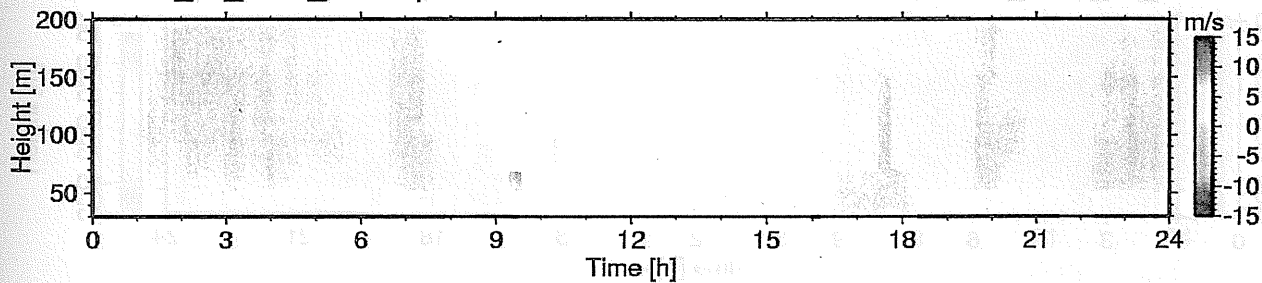
SEP\_11\_2002\_U-comp



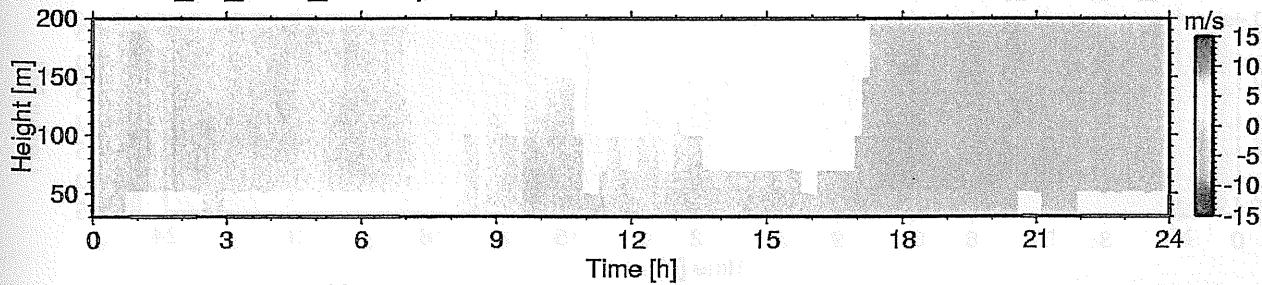
SEP\_12\_2002\_U-comp



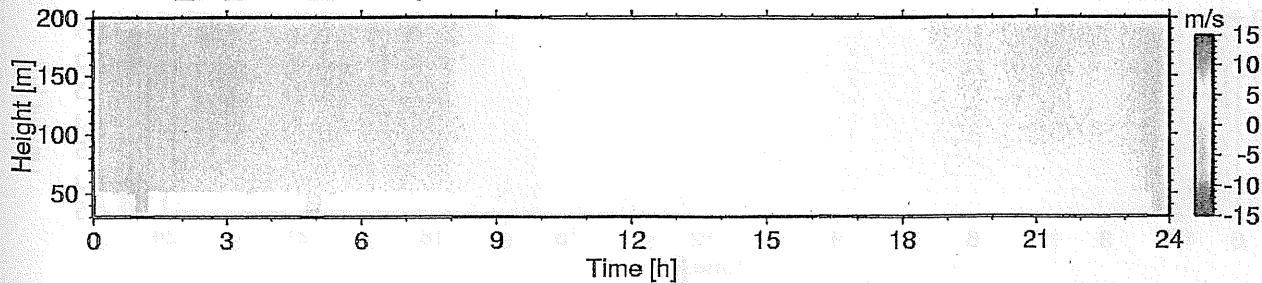
SEP\_13\_2002\_U-comp

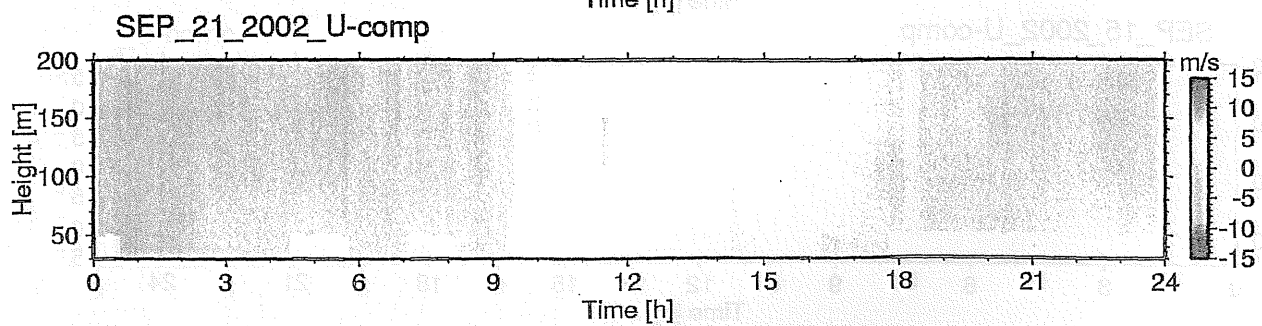
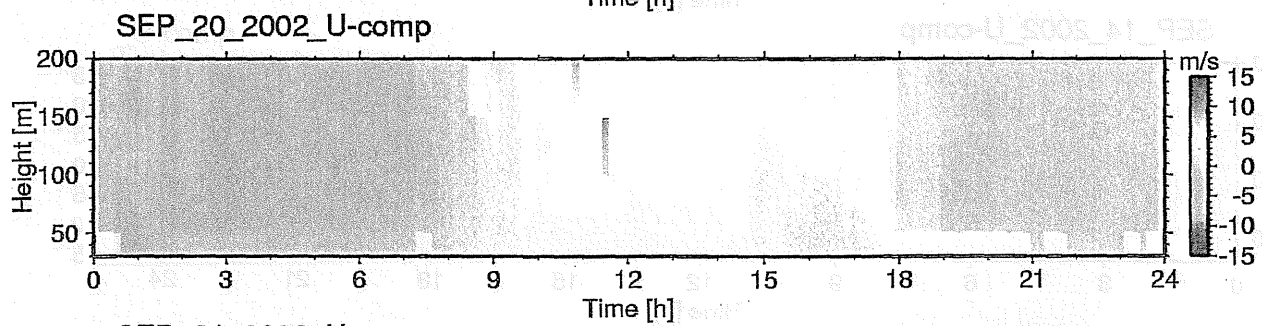
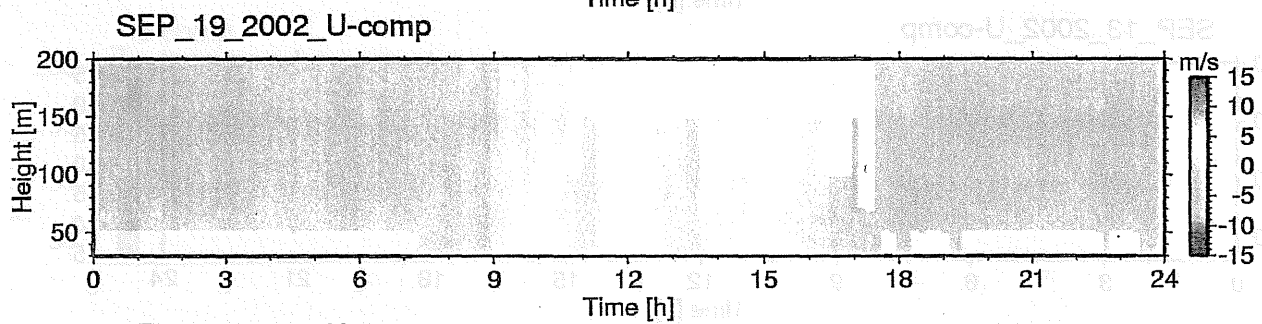
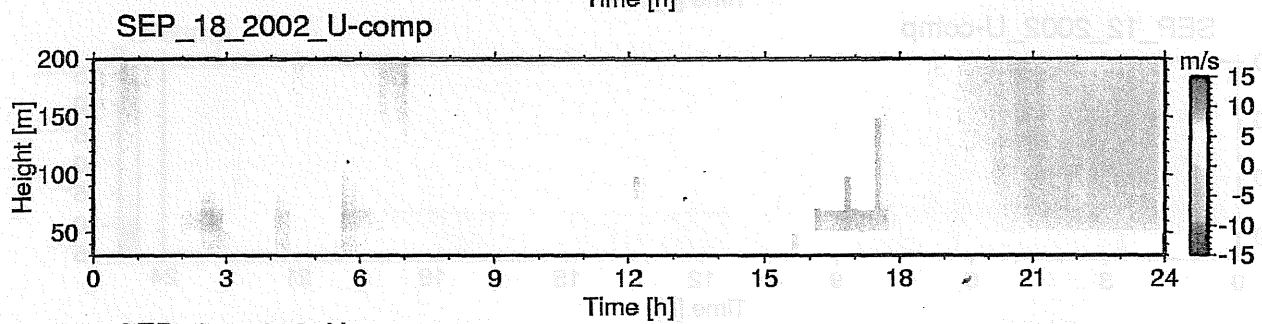
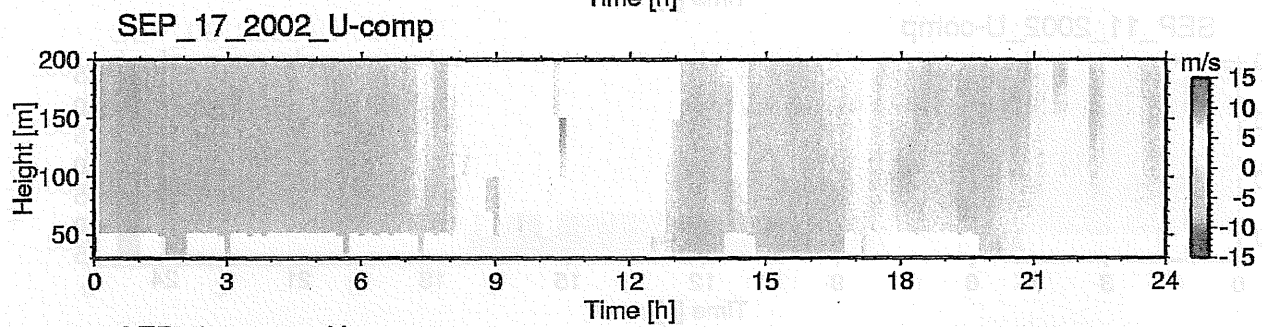
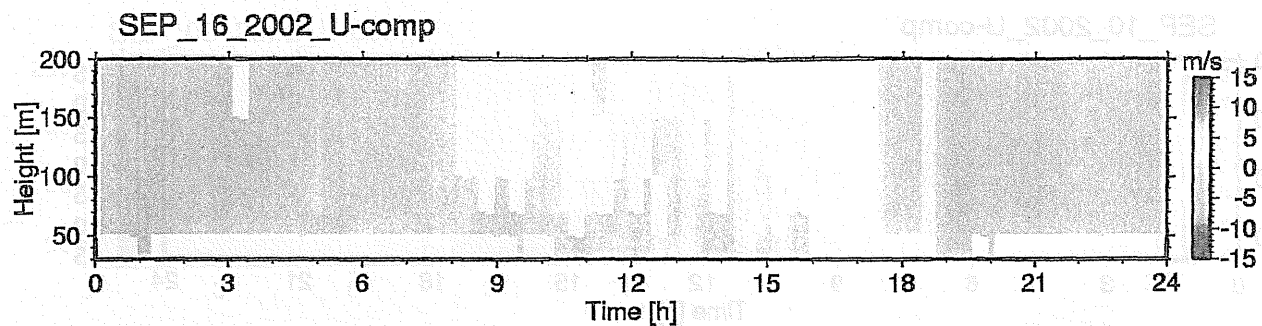


SEP\_14\_2002\_U-comp

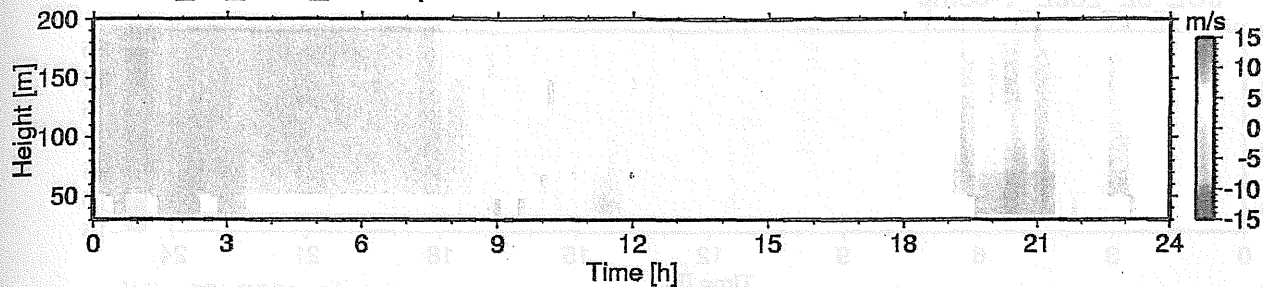


SEP\_15\_2002\_U-comp

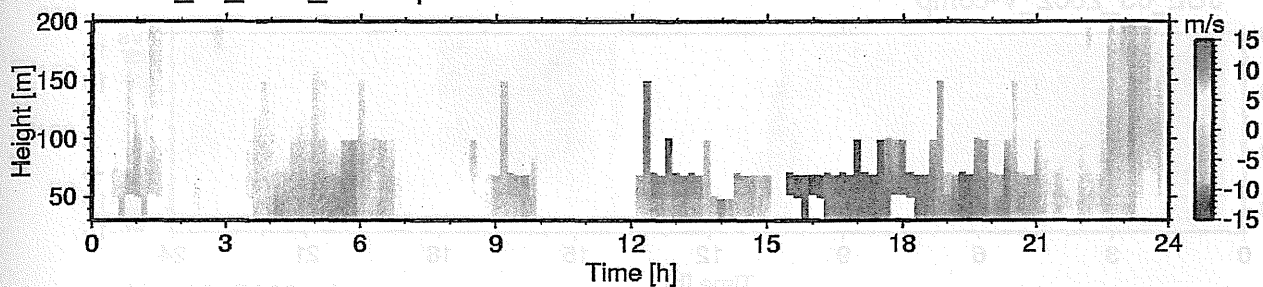




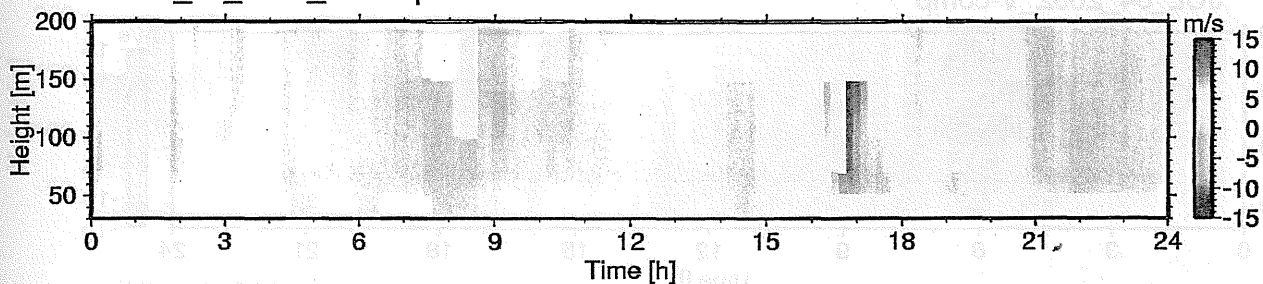
SEP\_22\_2002\_U-comp



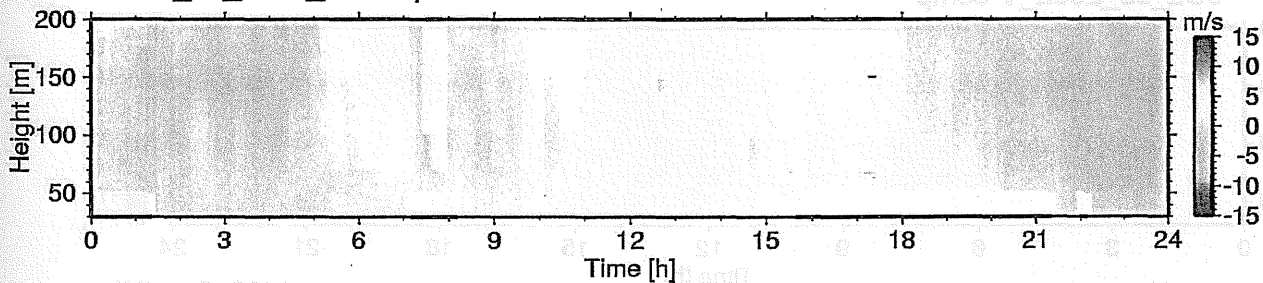
SEP\_23\_2002\_U-comp



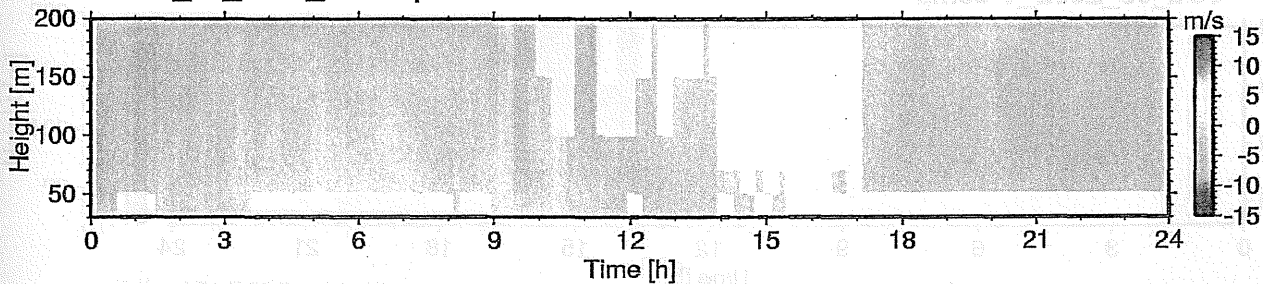
SEP\_24\_2002\_U-comp



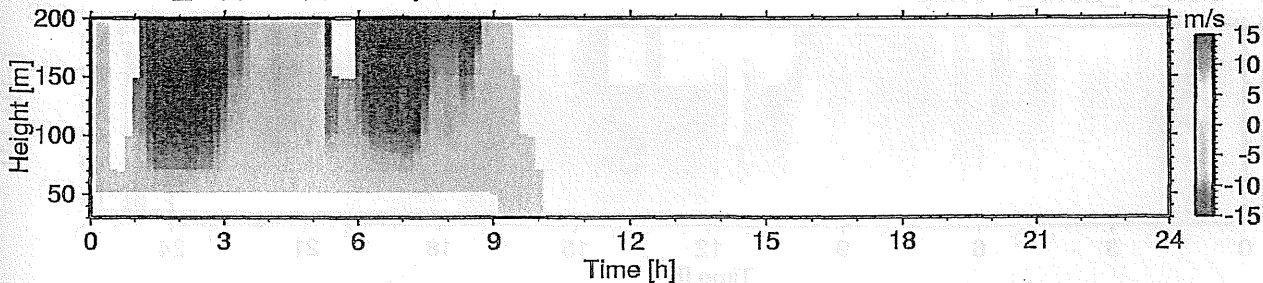
SEP\_25\_2002\_U-comp



SEP\_26\_2002\_U-comp



SEP\_27\_2002\_U-comp





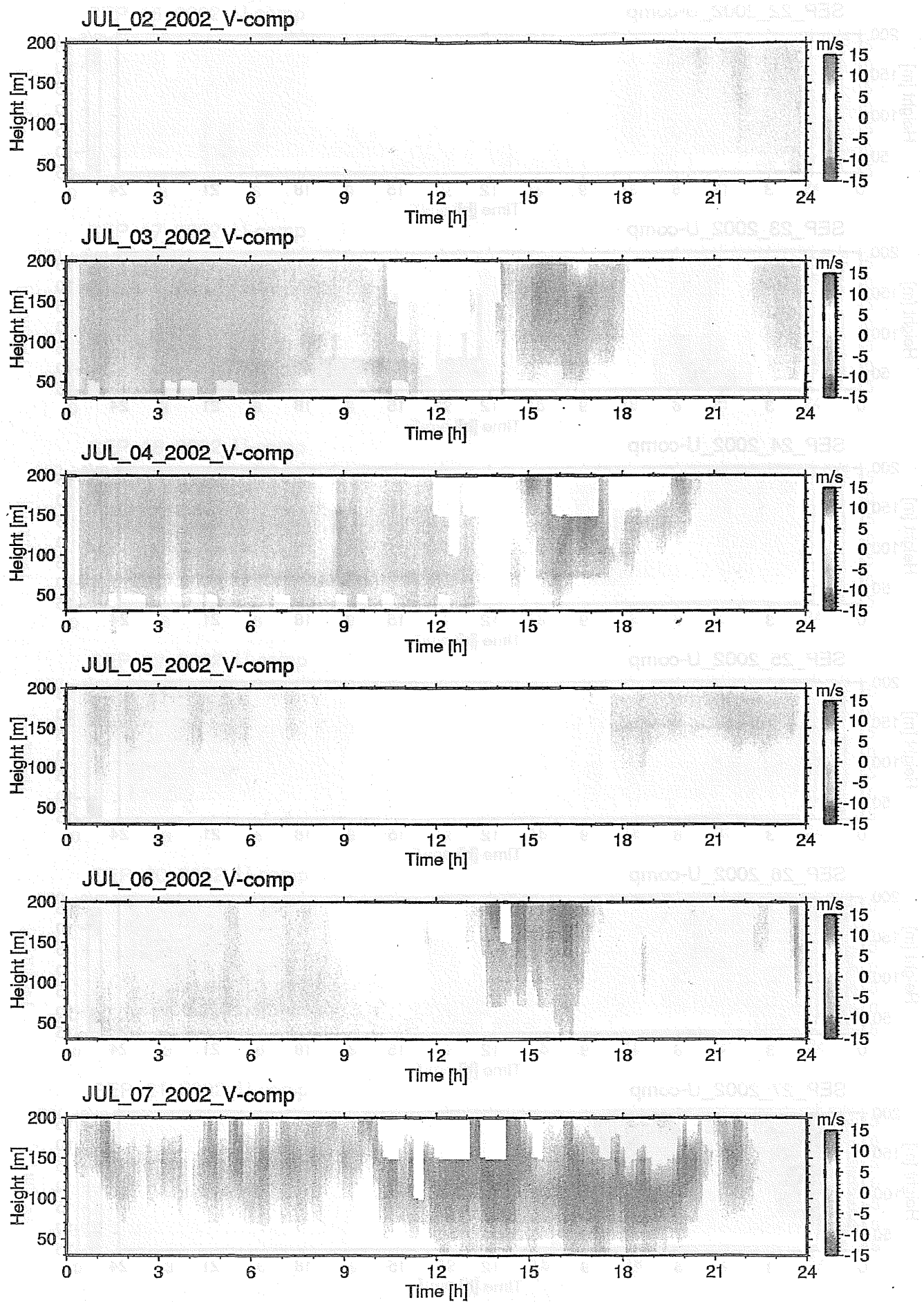
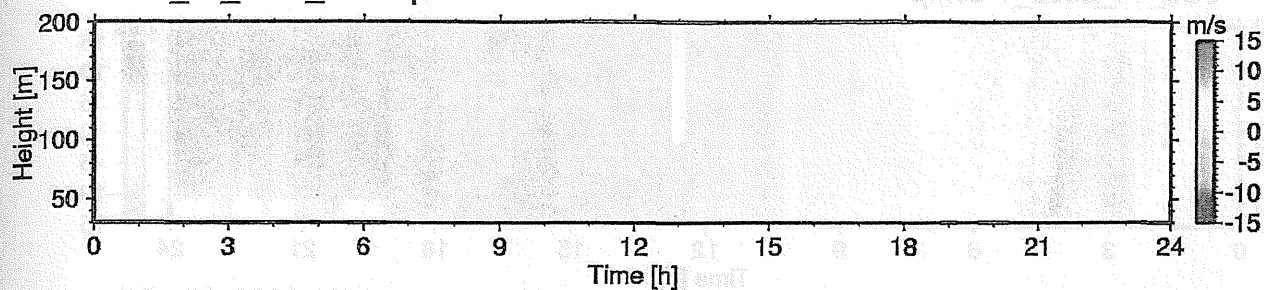
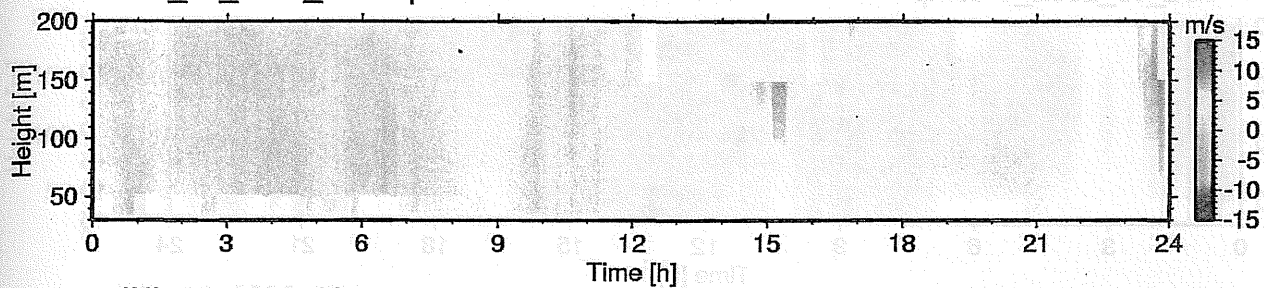


圖-3.3.3 V 成分風速

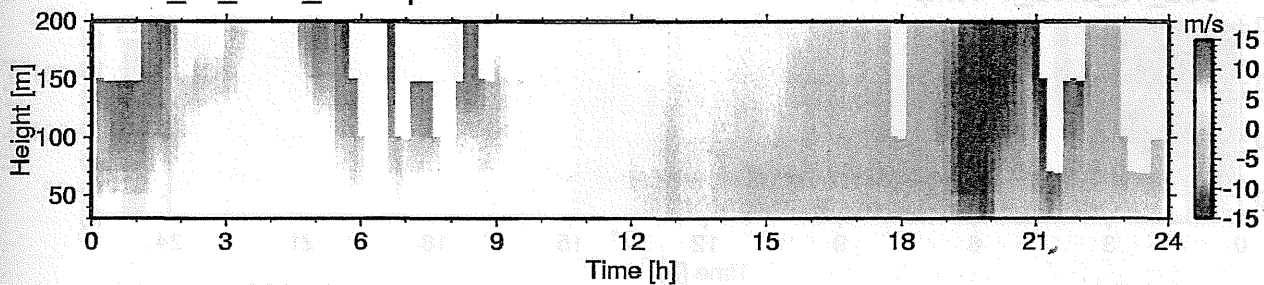
JUL\_08\_2002\_V-comp



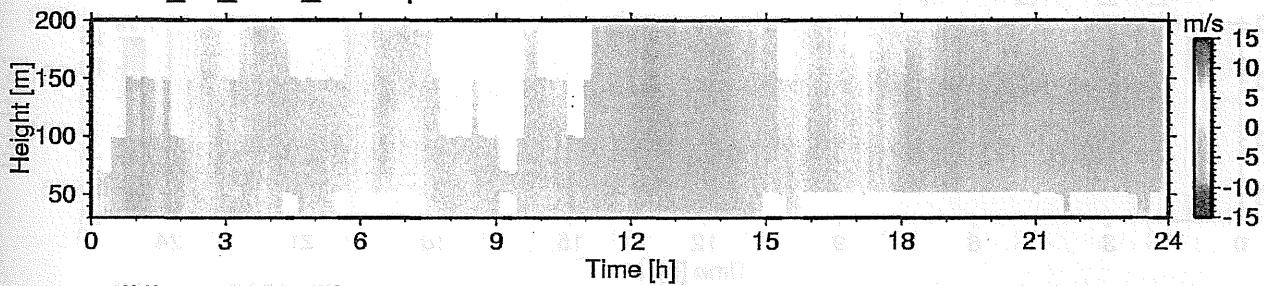
JUL\_09\_2002\_V-comp



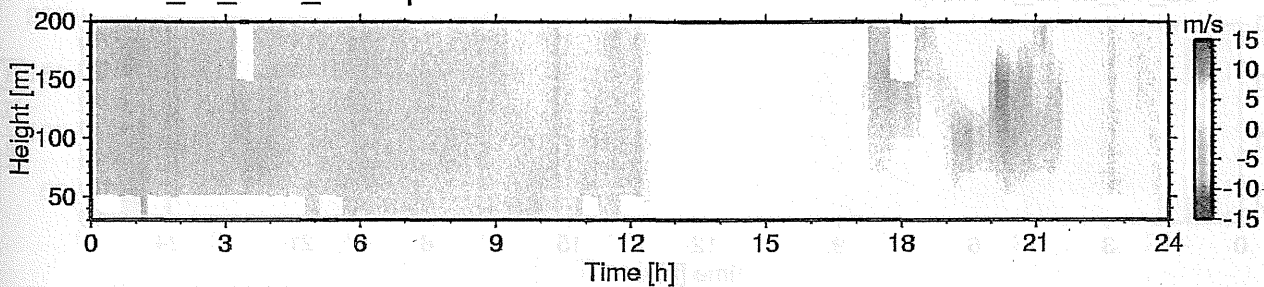
JUL\_10\_2002\_V-comp



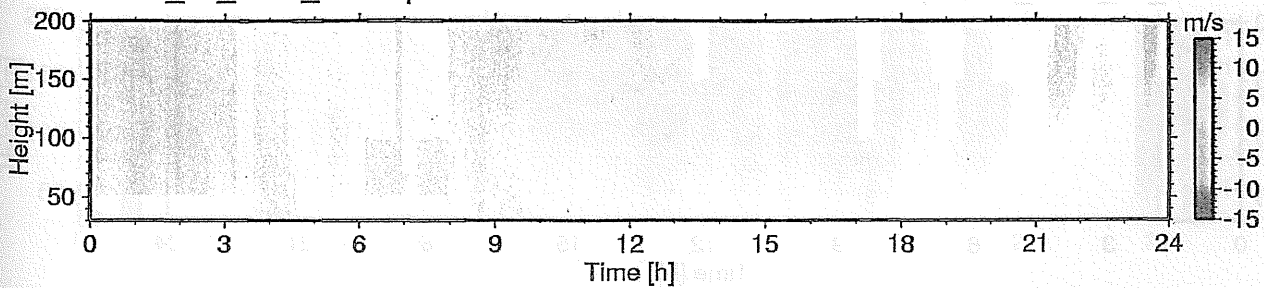
JUL\_11\_2002\_V-comp

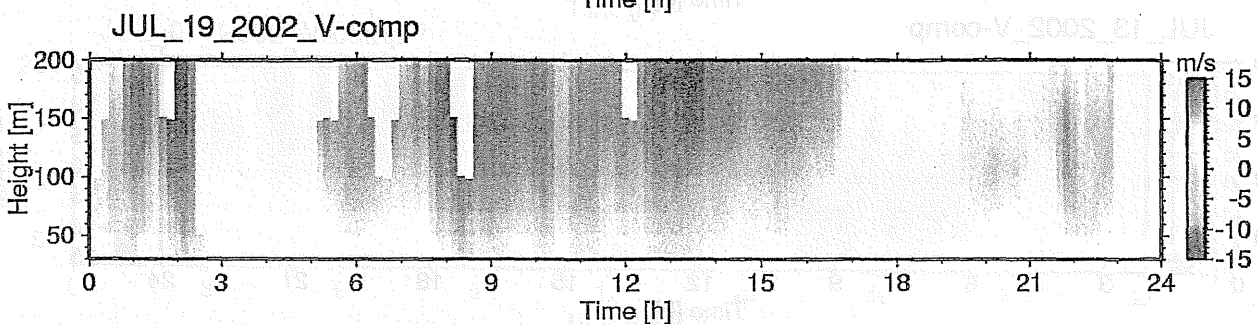
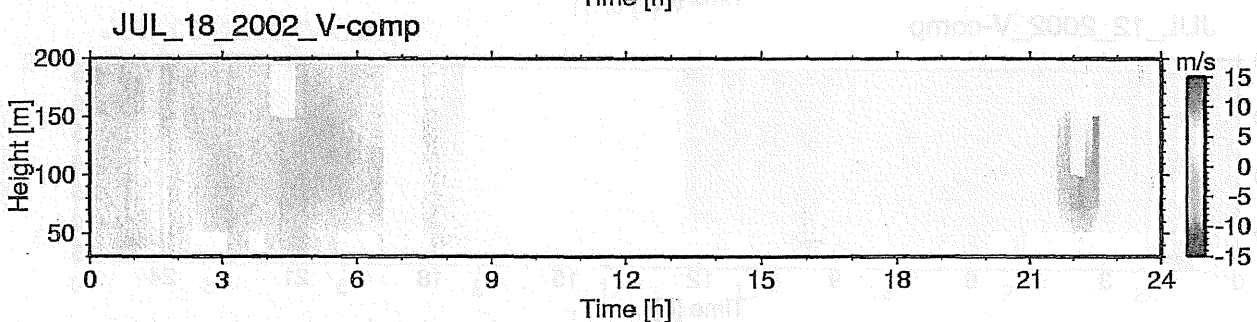
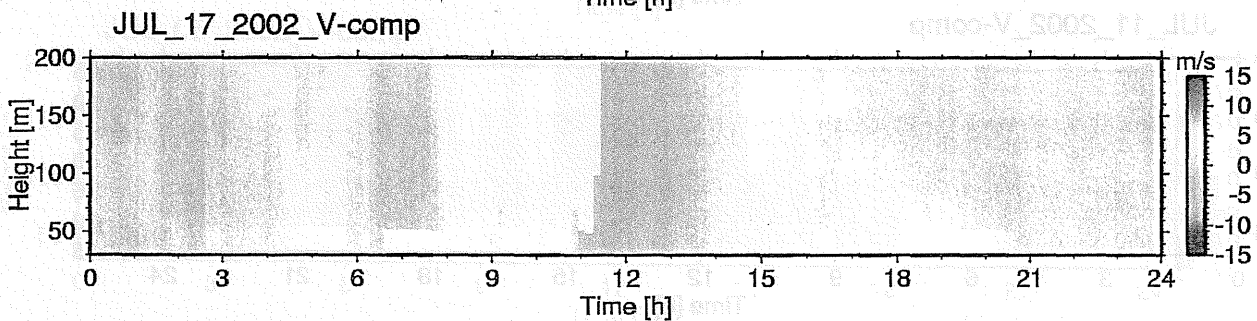
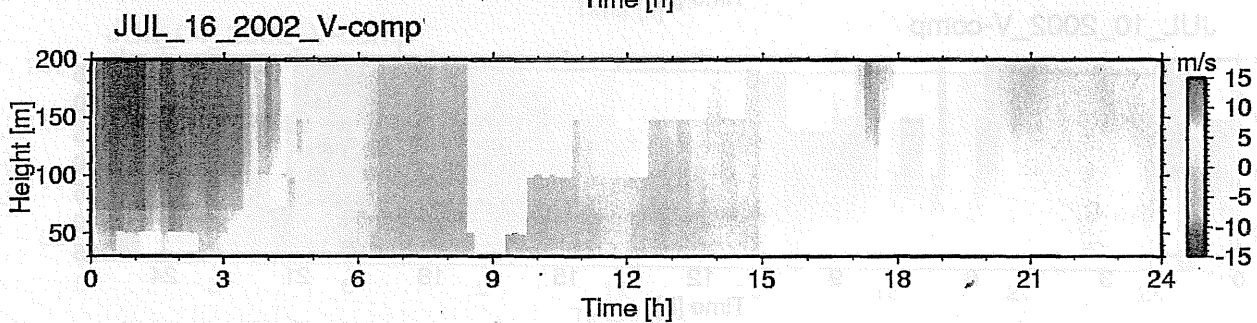
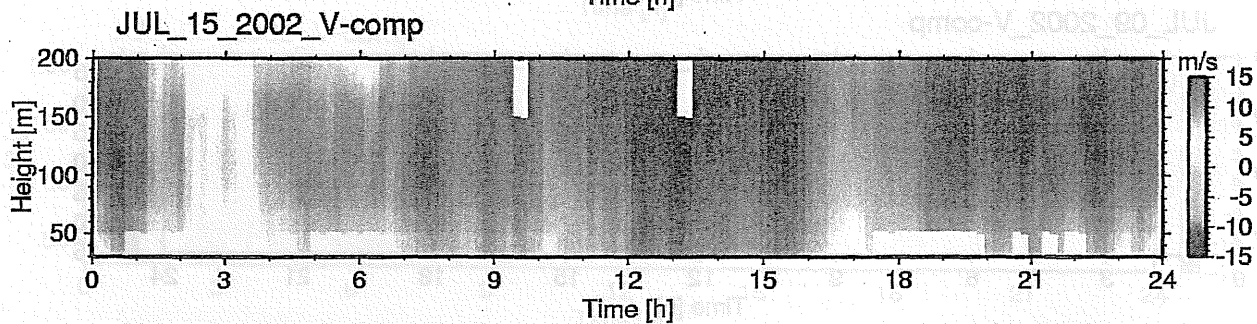
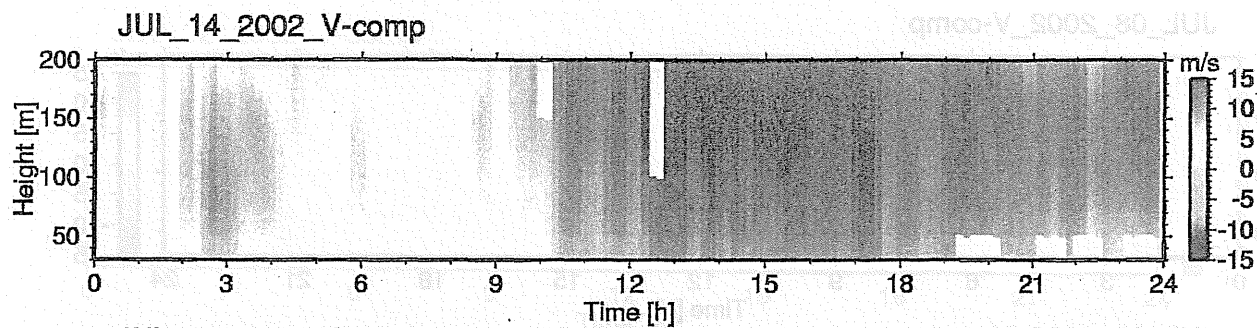


JUL\_12\_2002\_V-comp

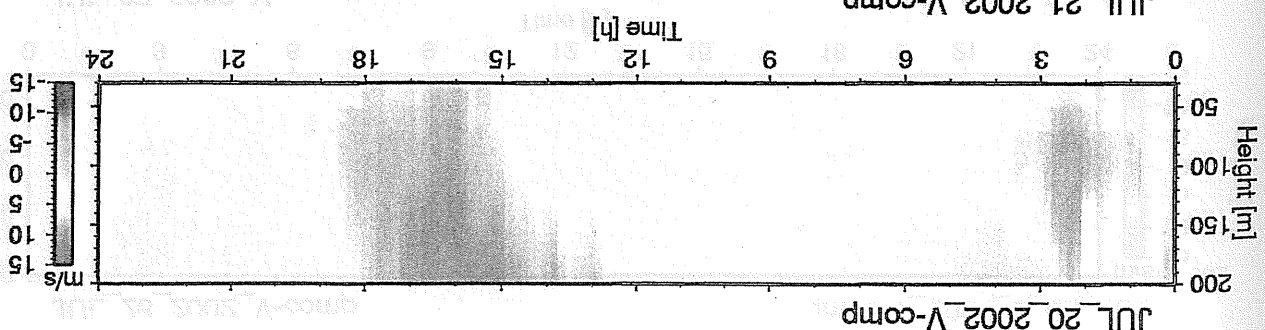
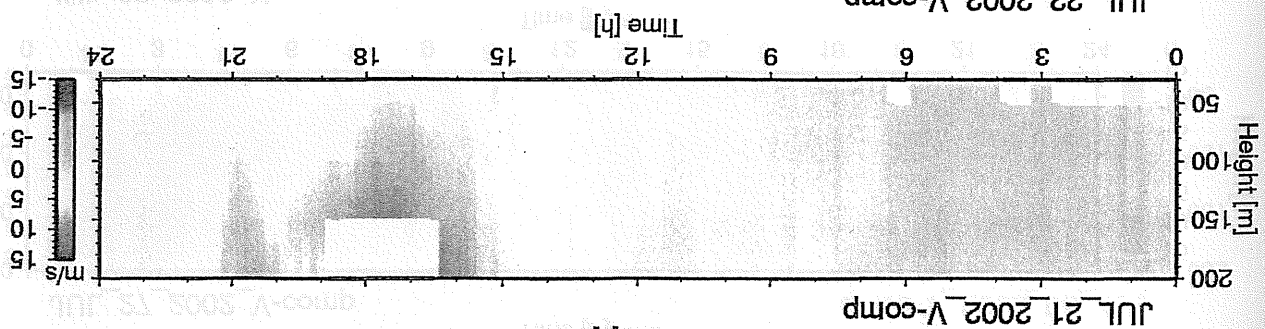
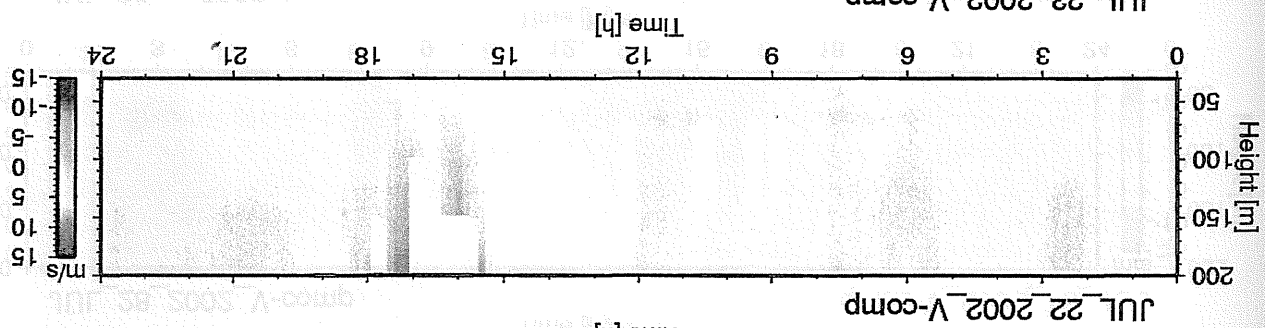
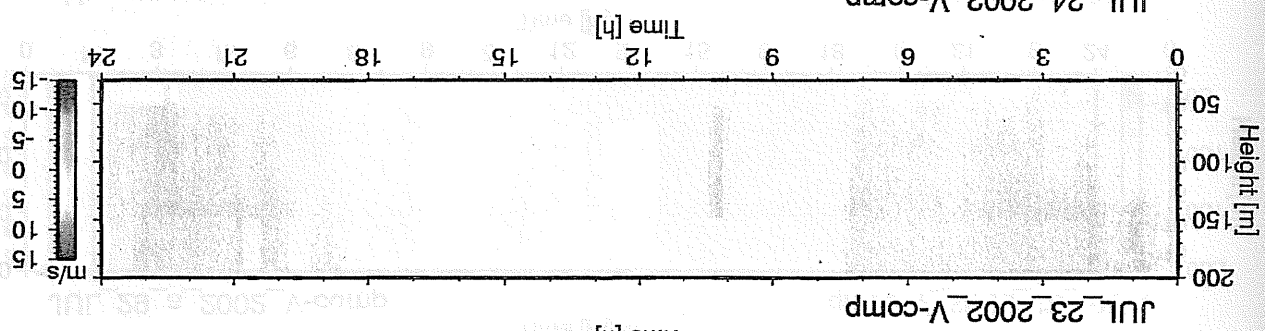
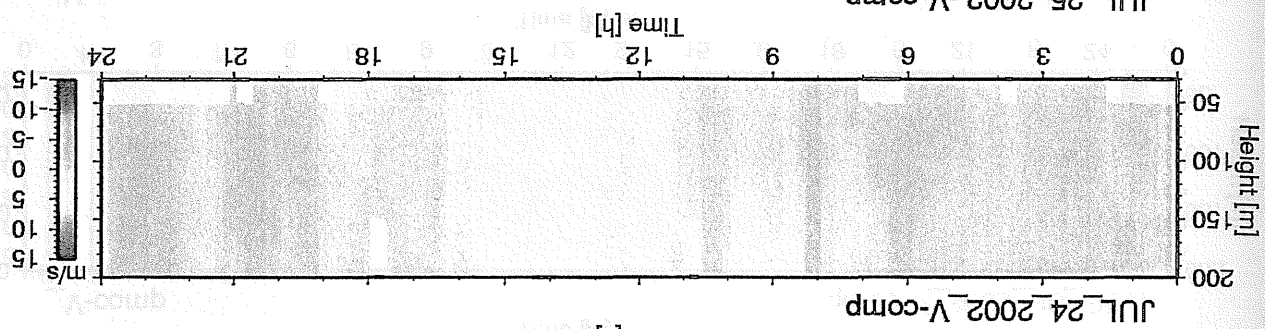
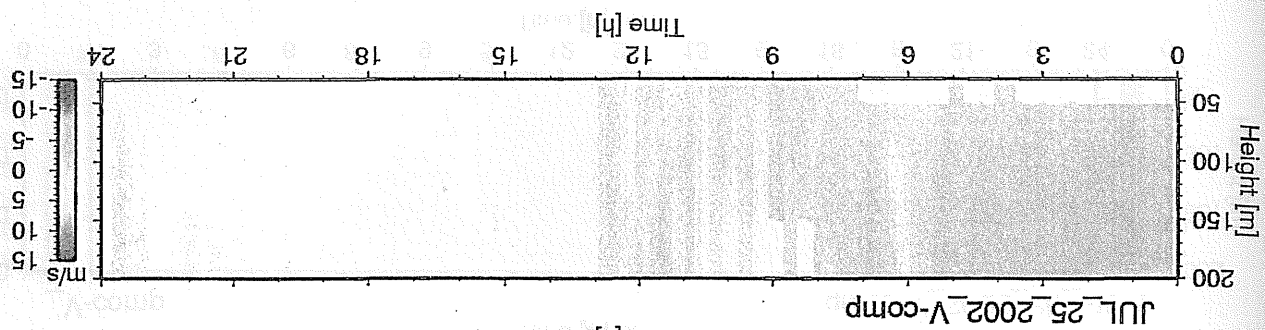


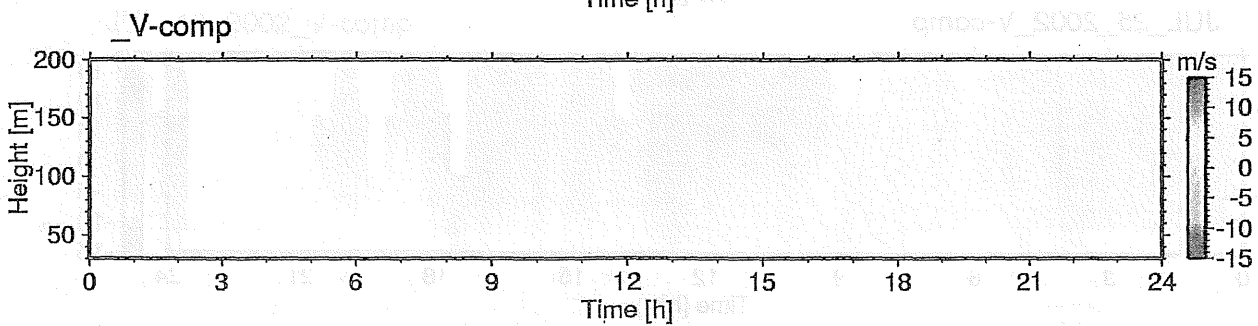
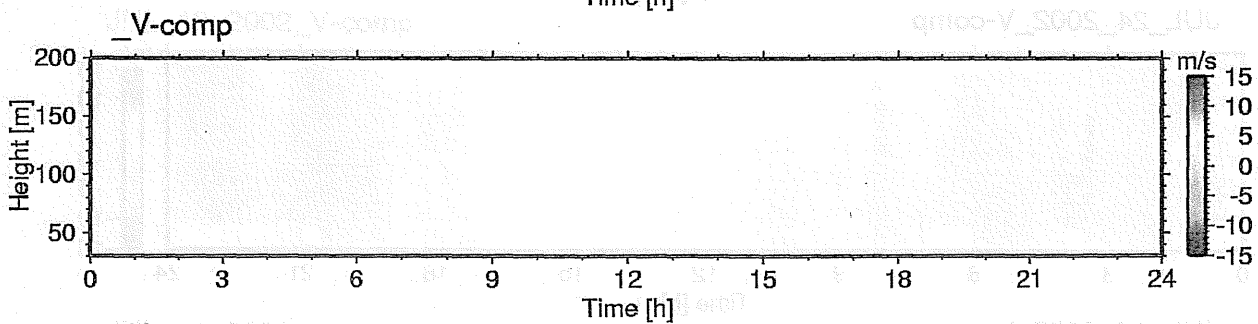
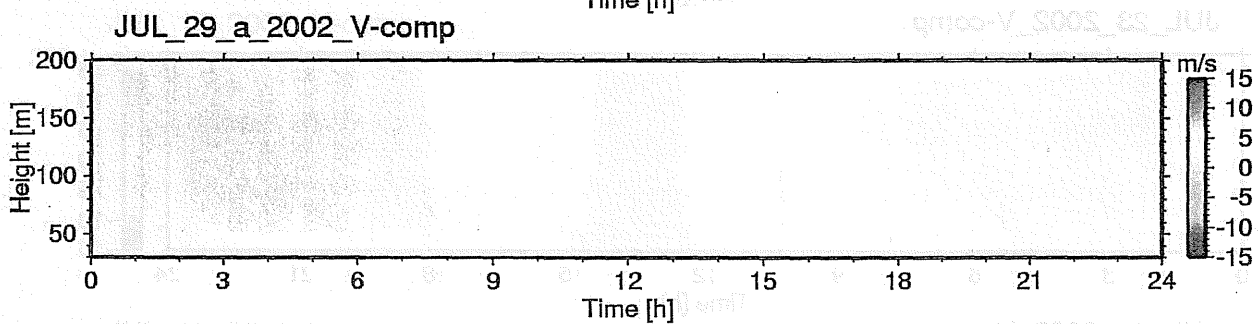
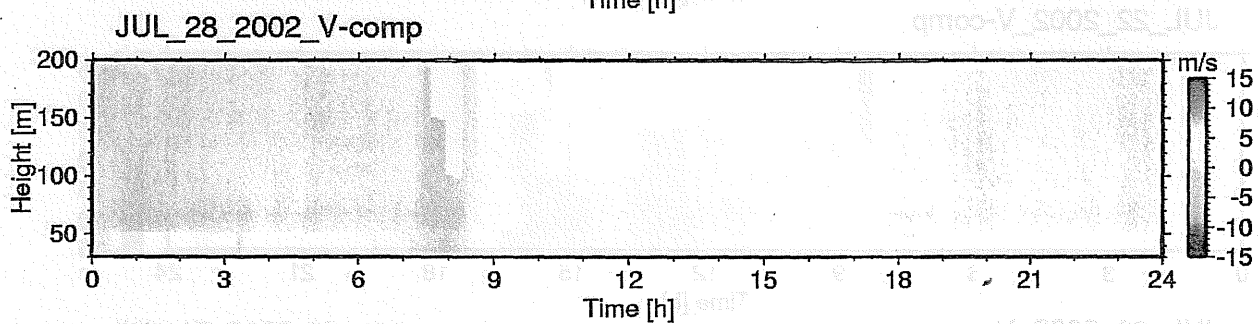
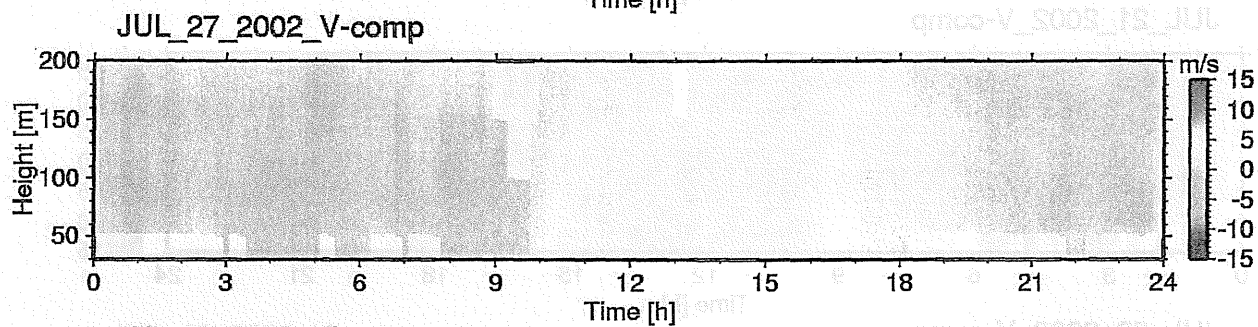
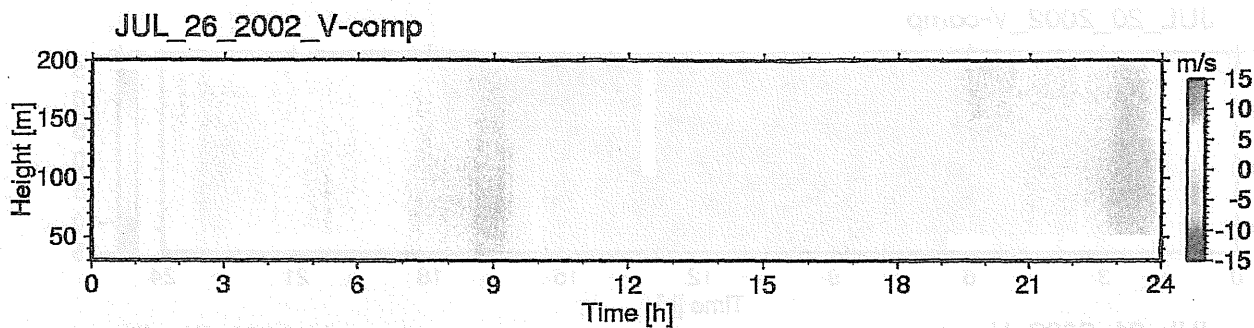
JUL\_13\_2002\_V-comp



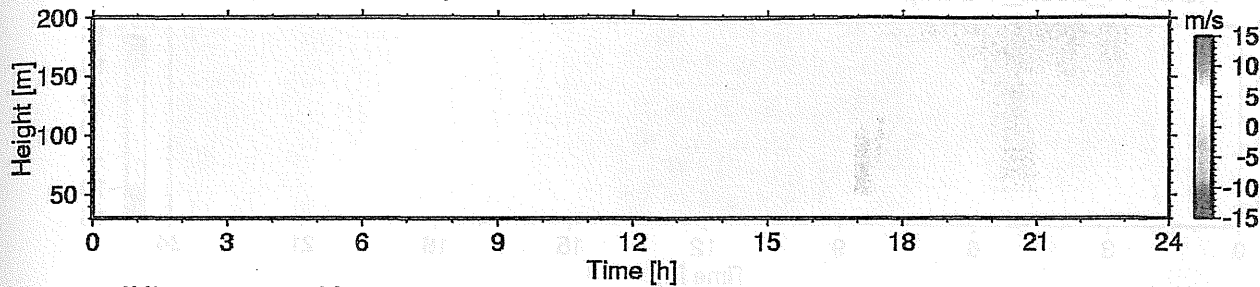




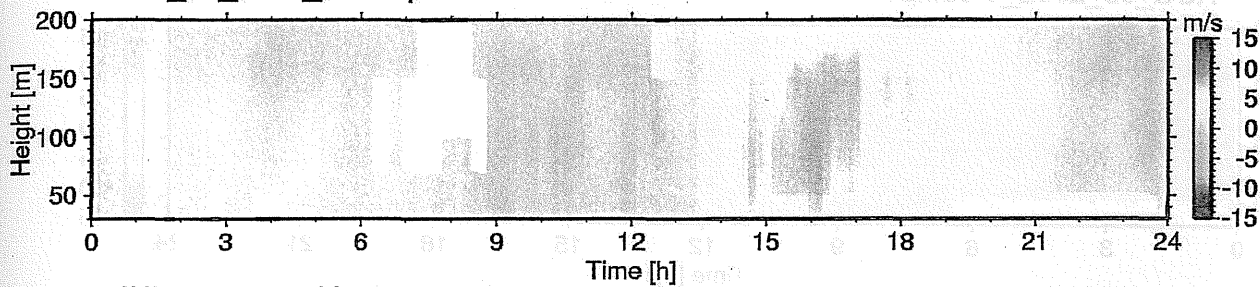




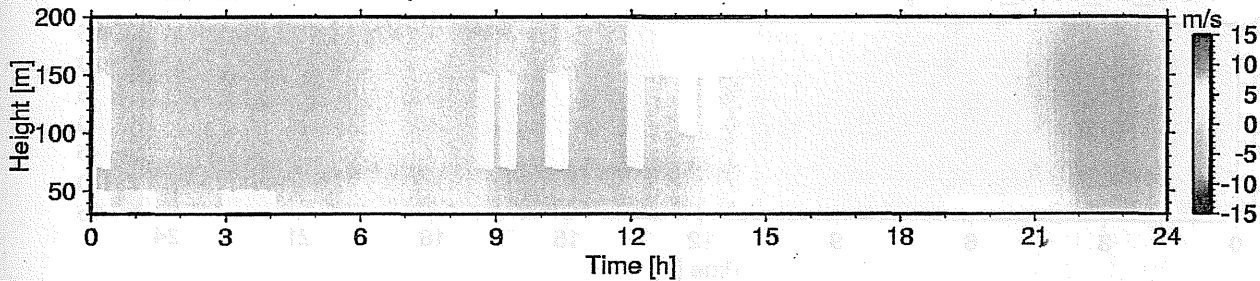
JUL\_29\_b\_2002\_V-comp



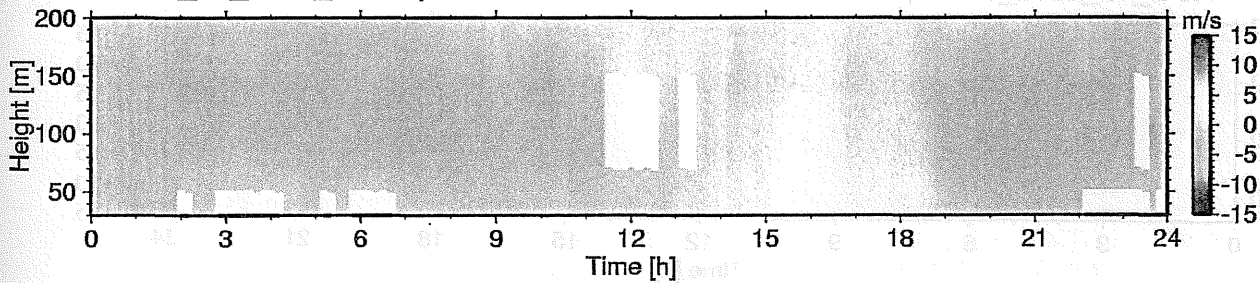
JUL\_30\_2002\_V-comp



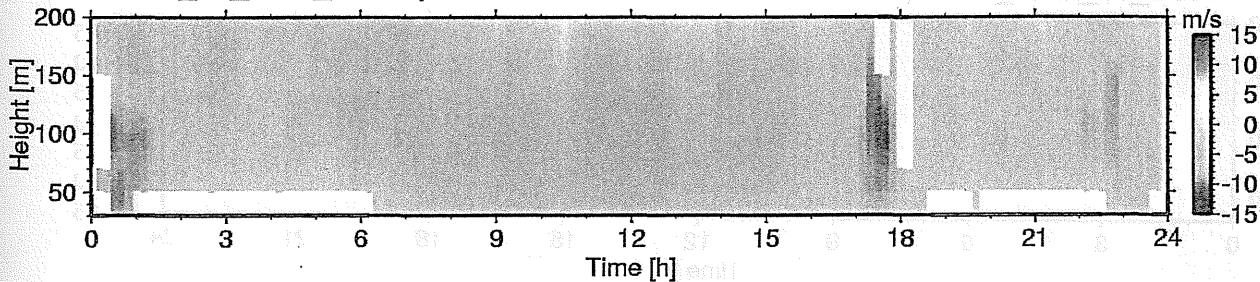
JUL\_31\_2002\_V-comp



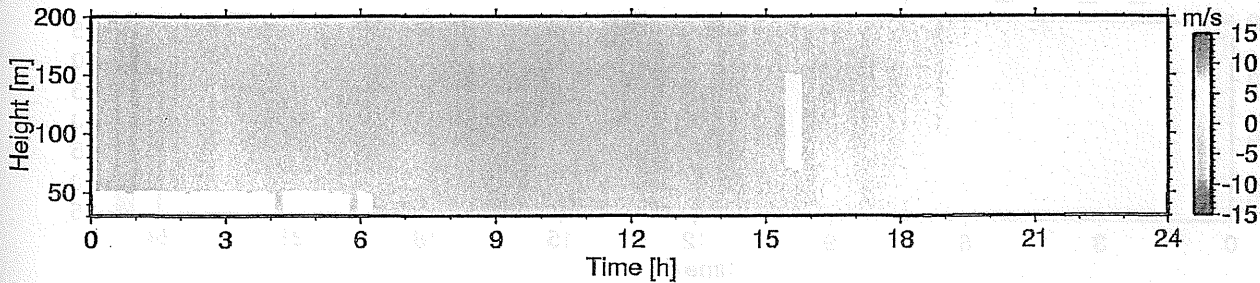
AUG\_01\_2002\_V-comp



AUG\_02\_2002\_V-comp

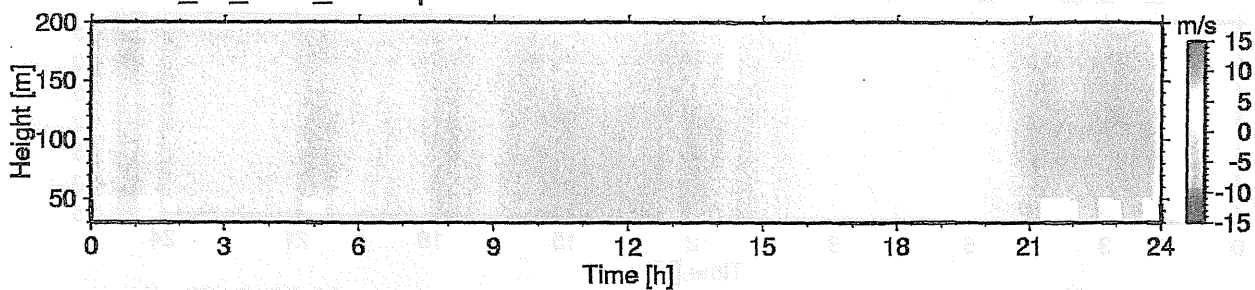


AUG\_03\_2002\_V-comp

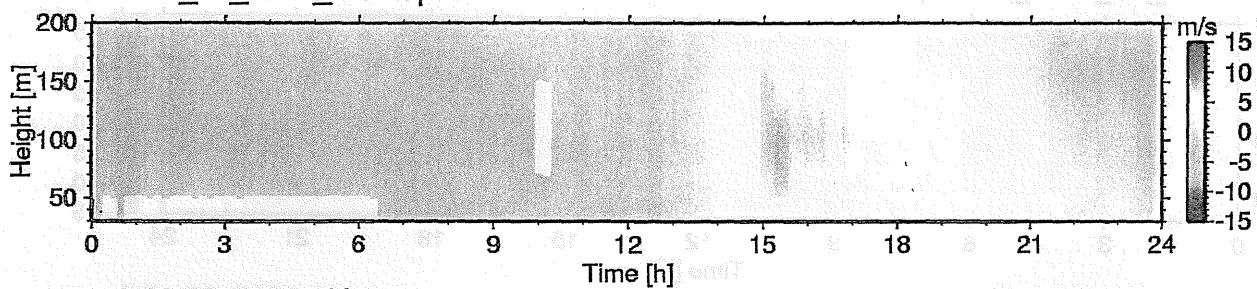




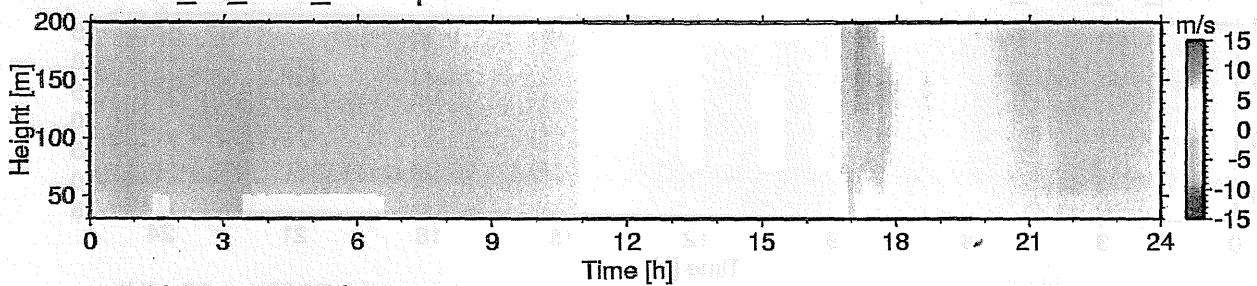
AUG\_04\_2002\_V-comp



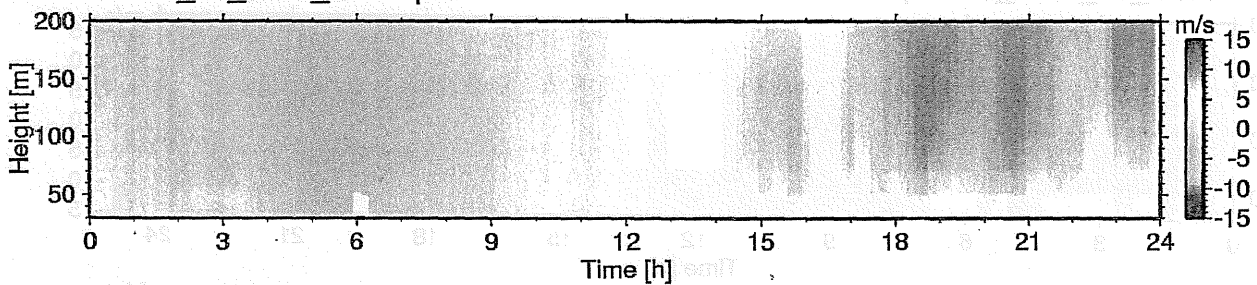
AUG\_05\_2002\_V-comp



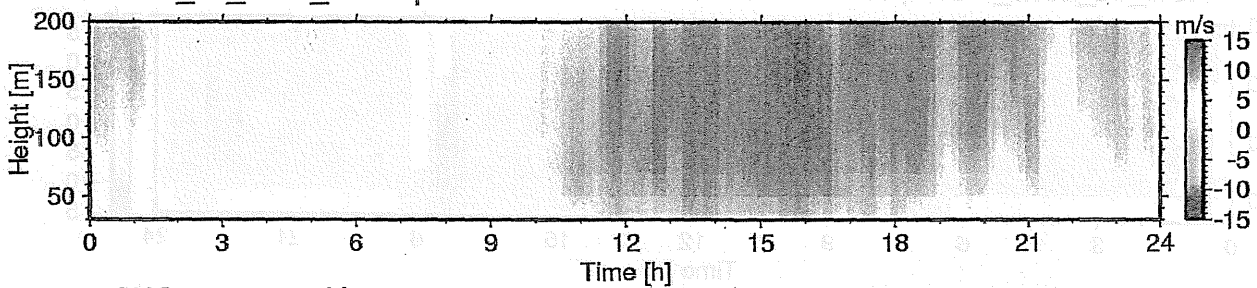
AUG\_06\_2002\_V-comp



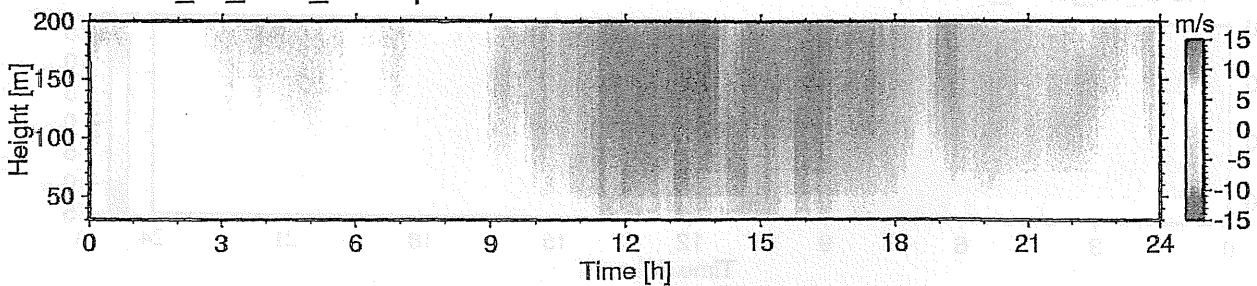
AUG\_07\_2002\_V-comp



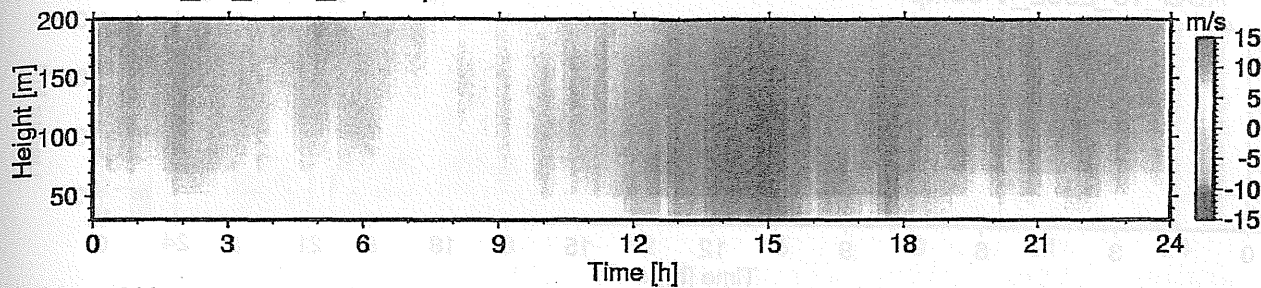
AUG\_08\_2002\_V-comp



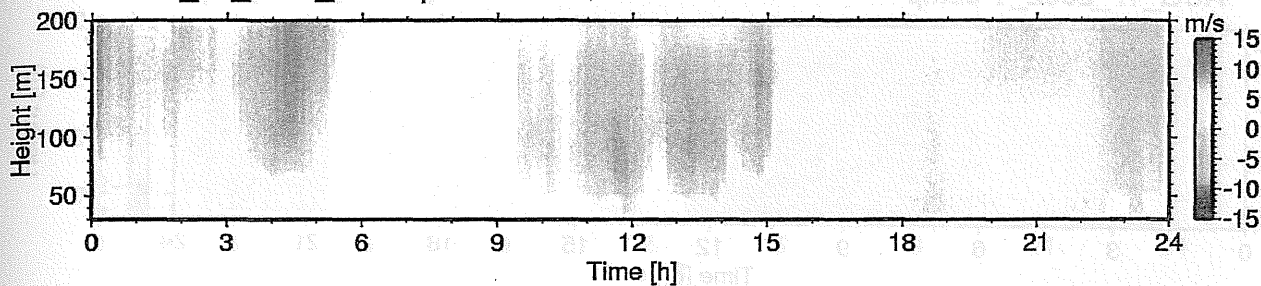
AUG\_09\_2002\_V-comp



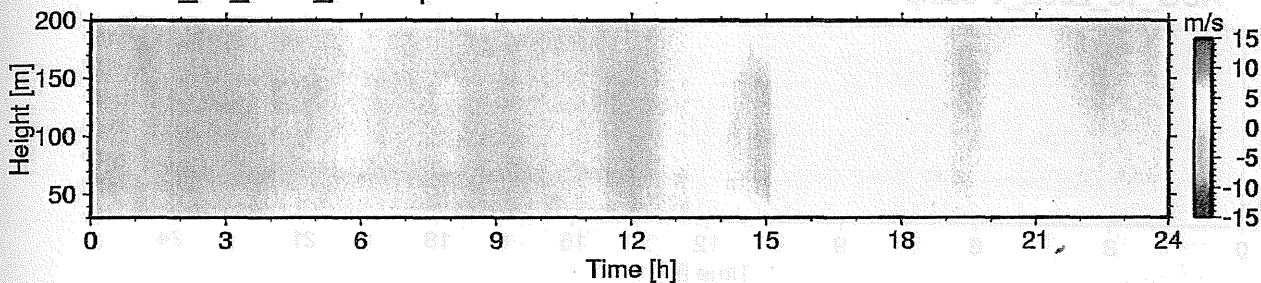
AUG\_10\_2002\_V-comp



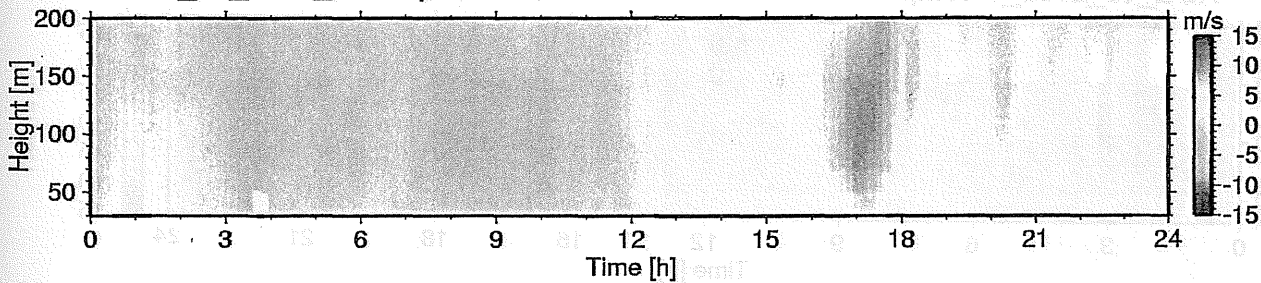
AUG\_11\_2002\_V-comp



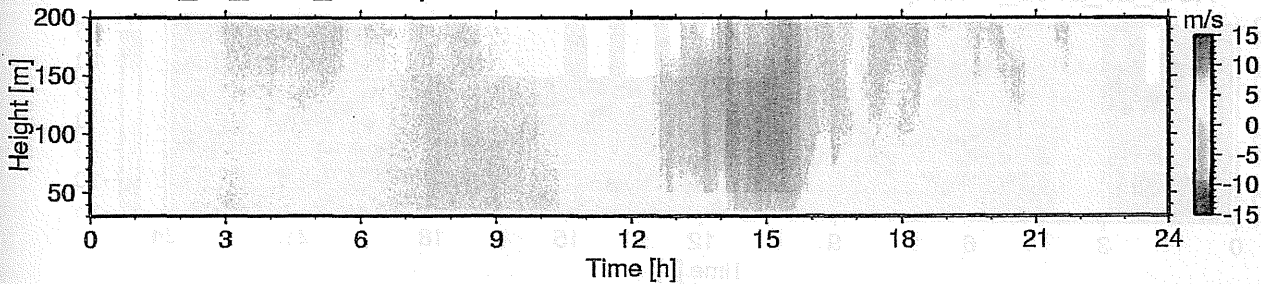
AUG\_12\_2002\_V-comp



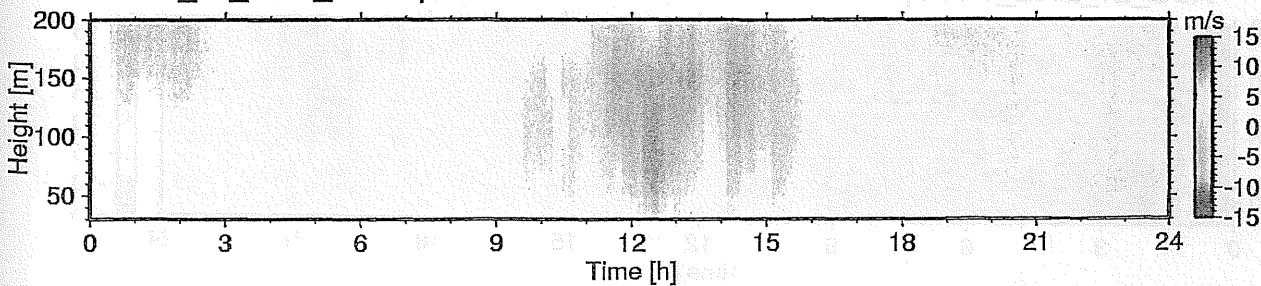
AUG\_13\_2002\_V-comp



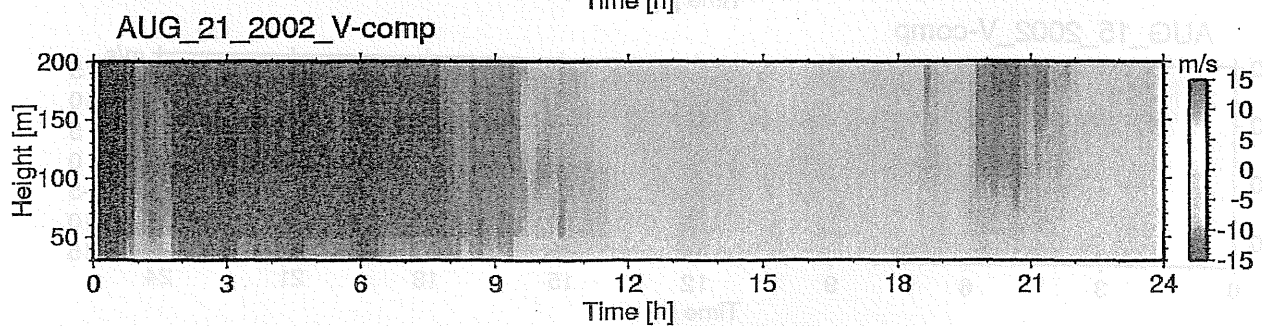
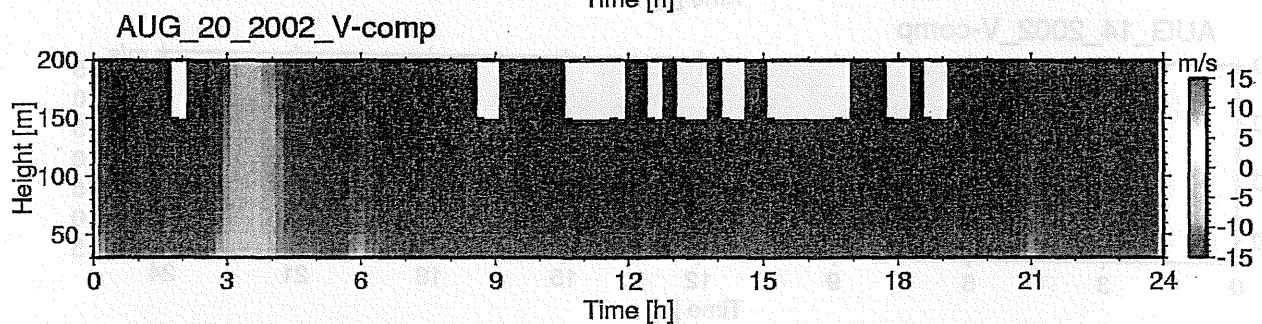
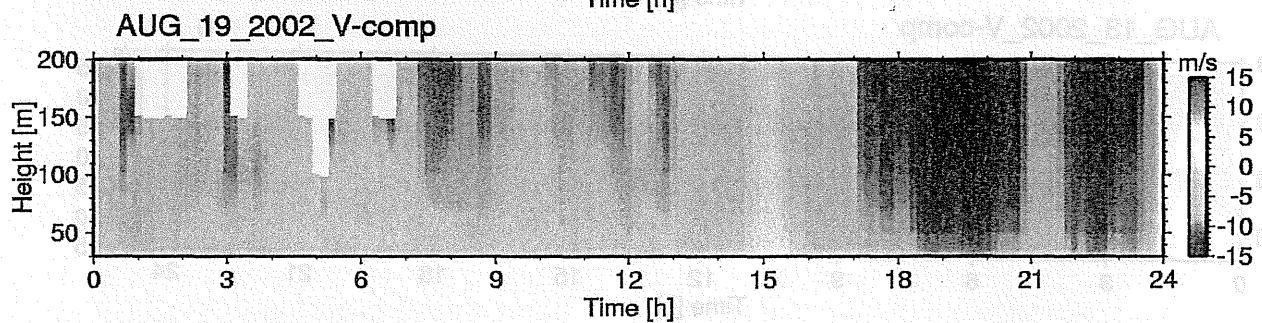
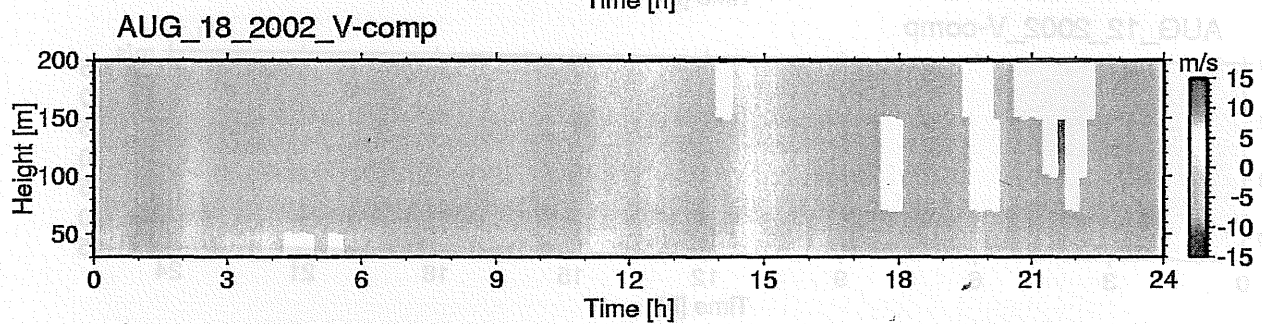
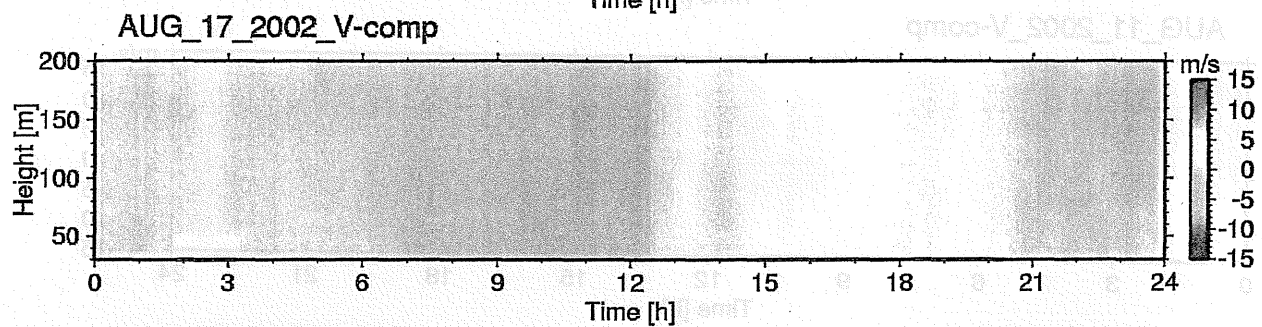
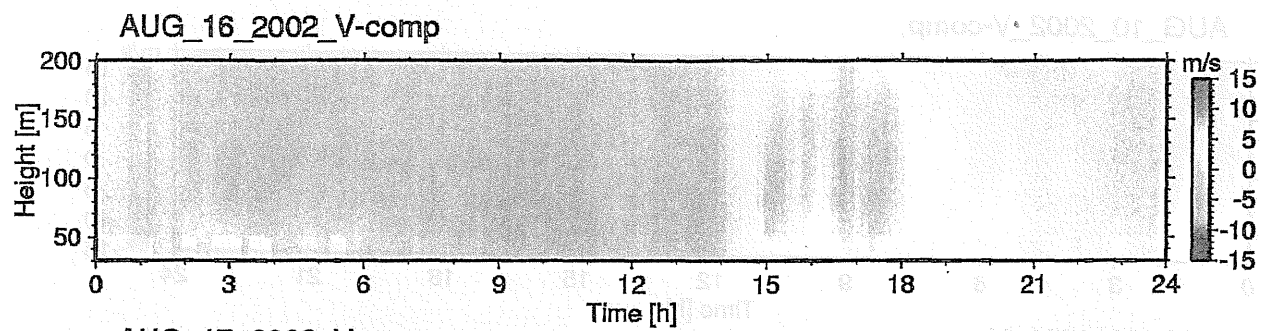
AUG\_14\_2002\_V-comp



AUG\_15\_2002\_V-comp

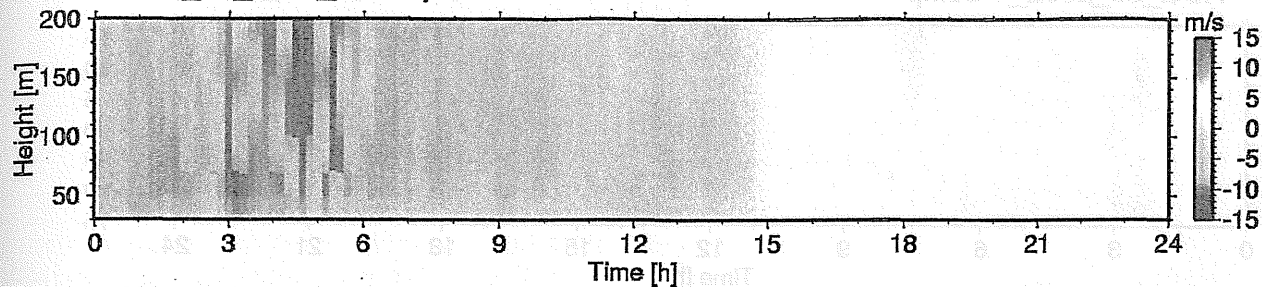




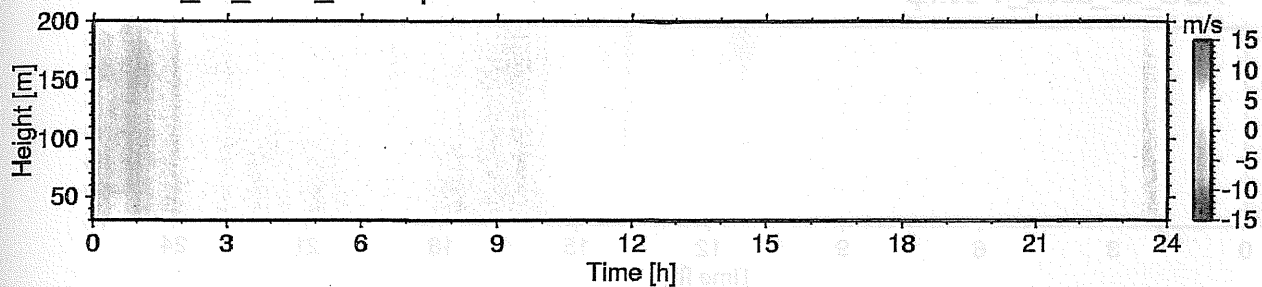




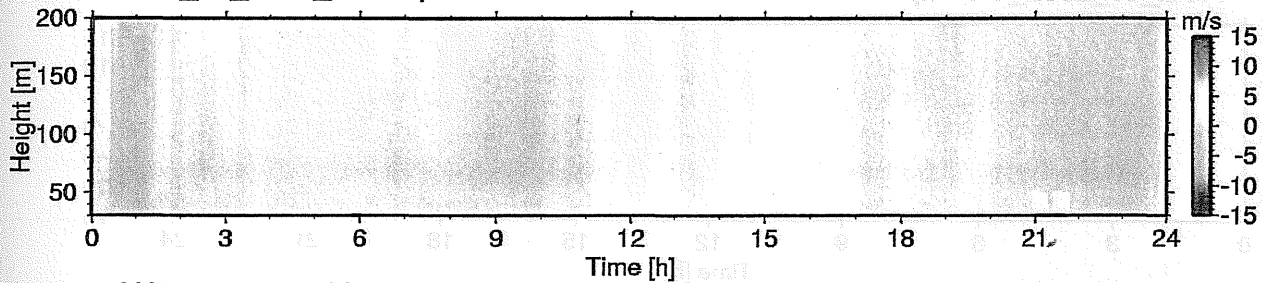
AUG\_22\_2002\_V-comp



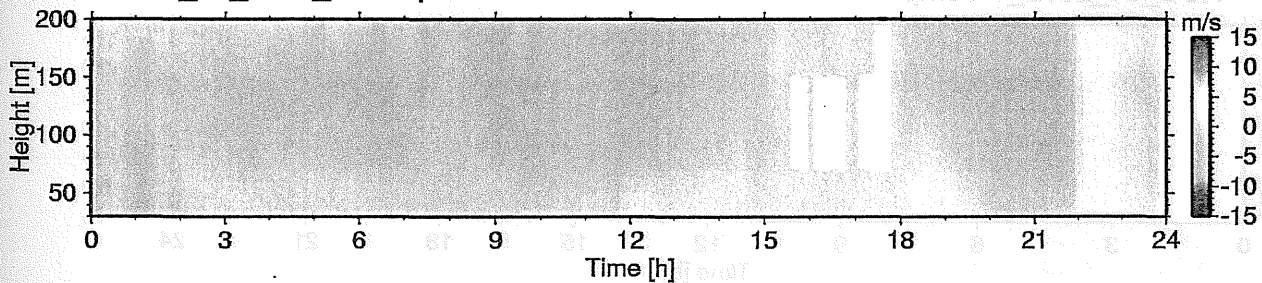
AUG\_23\_2002\_V-comp



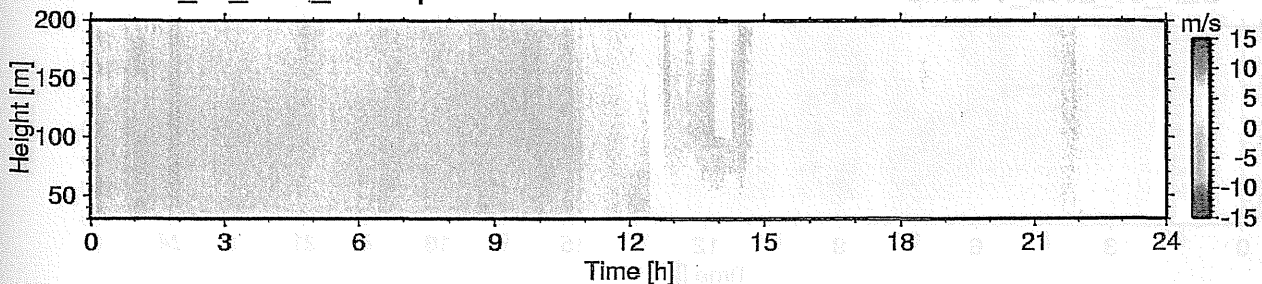
AUG\_24\_2002\_V-comp



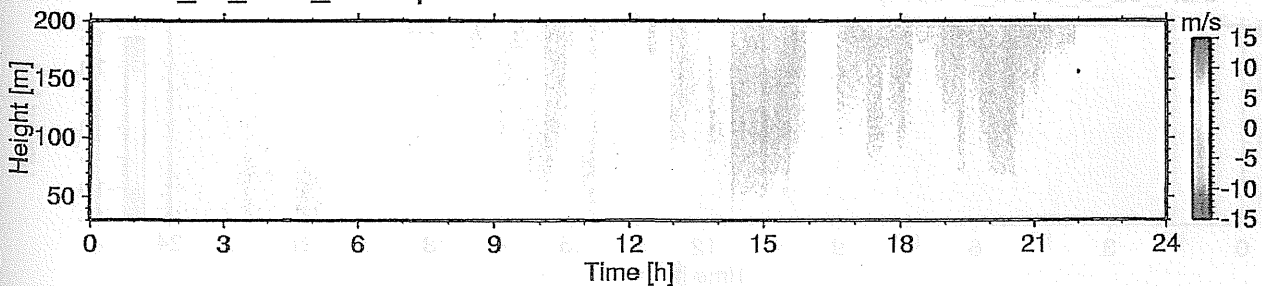
AUG\_25\_2002\_V-comp

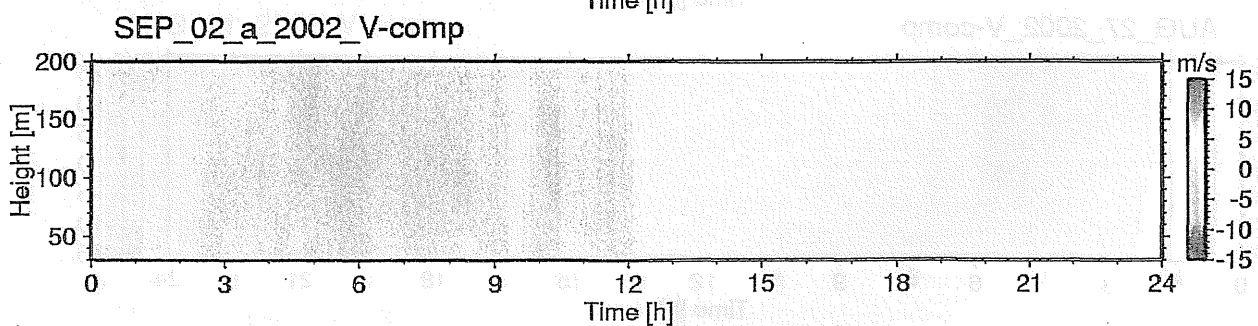
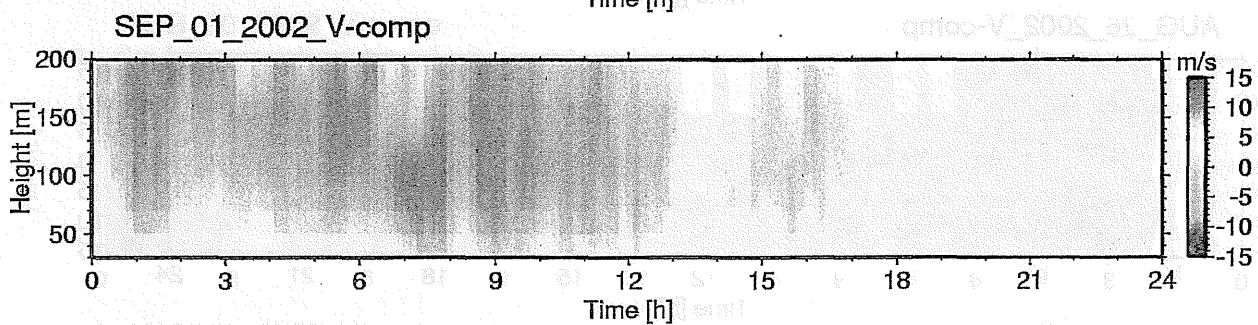
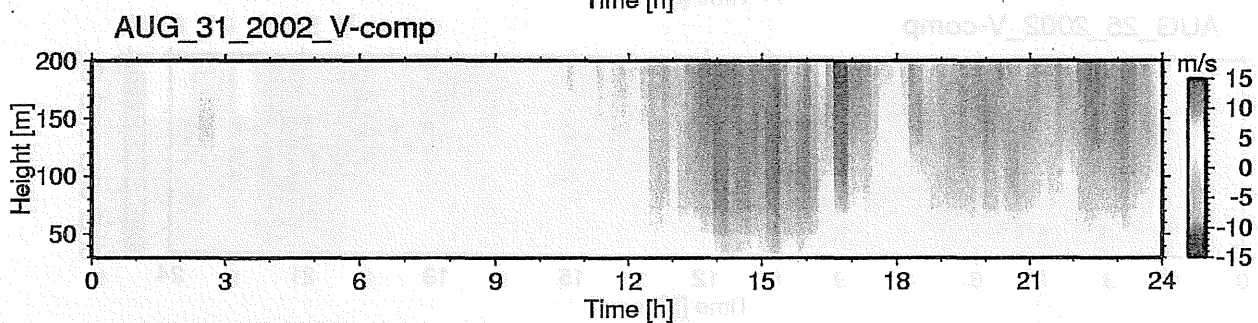
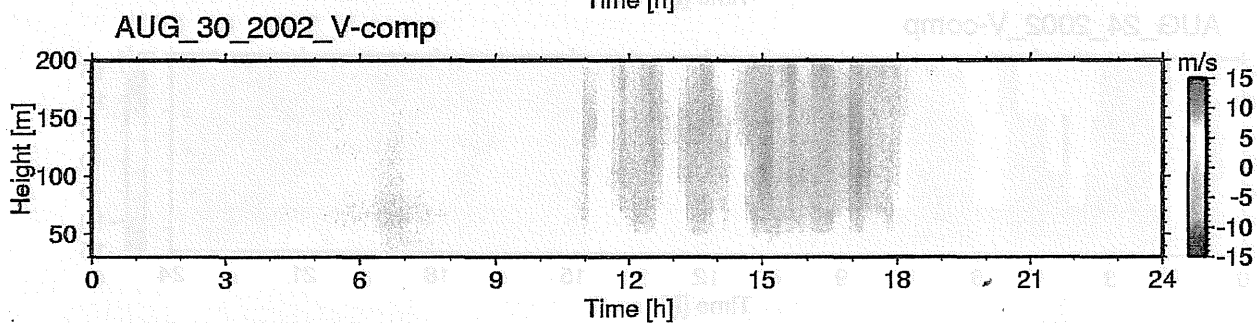
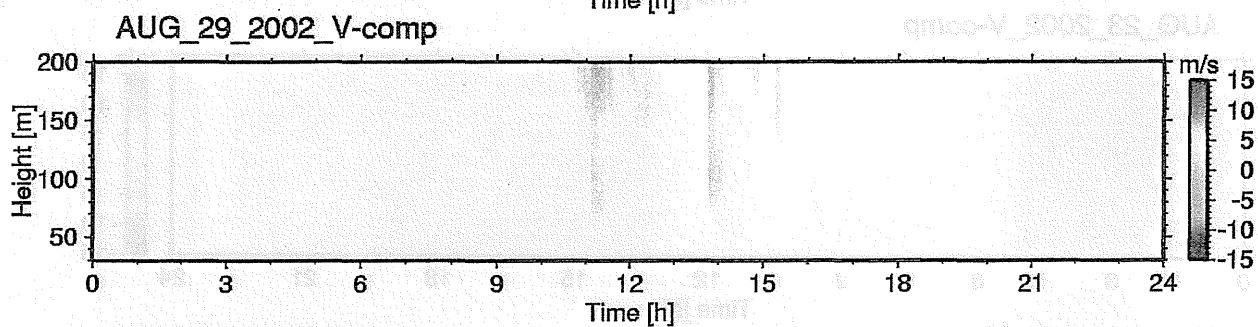
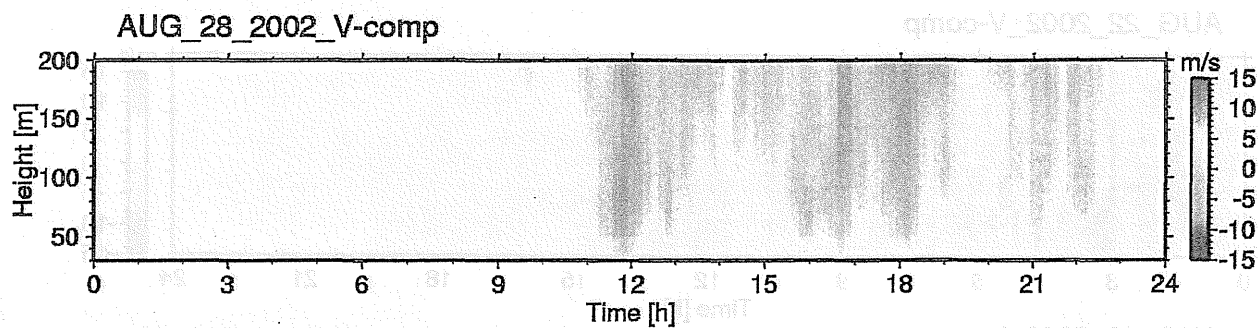


AUG\_26\_2002\_V-comp

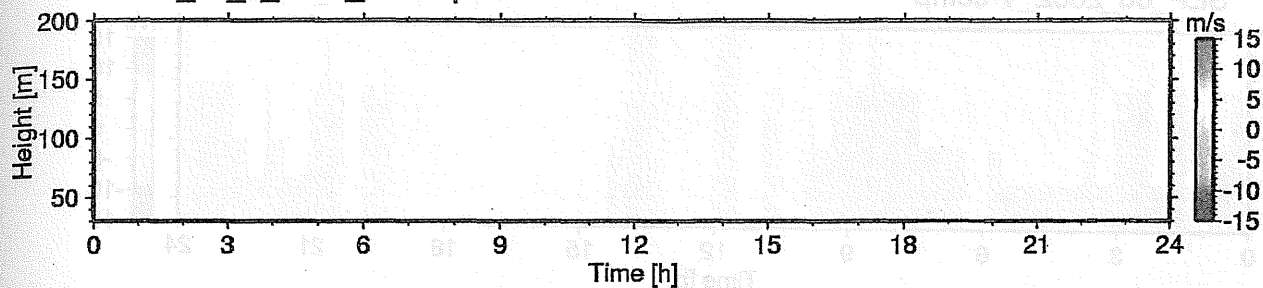


AUG\_27\_2002\_V-comp

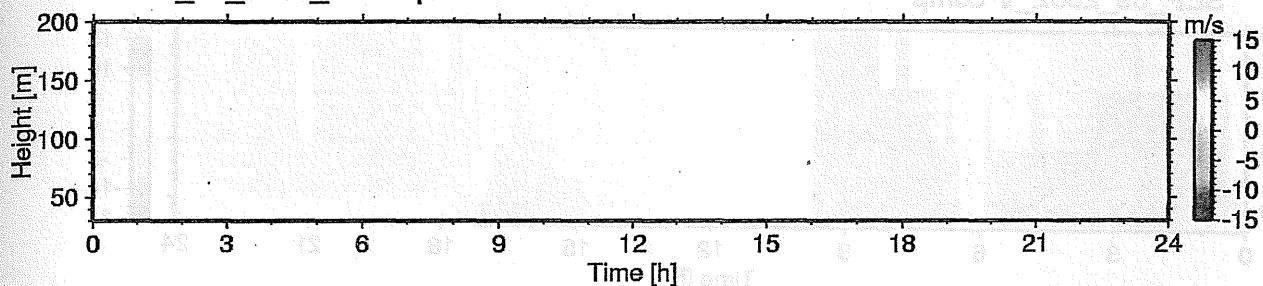




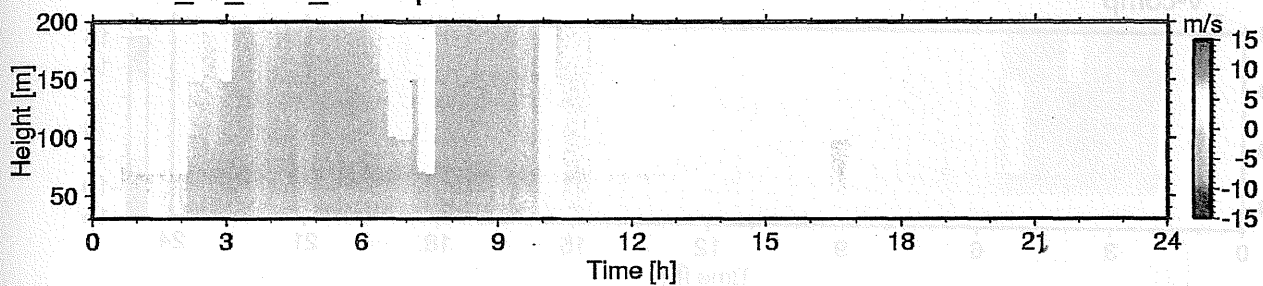
SEP\_02\_b 2002\_V-comp



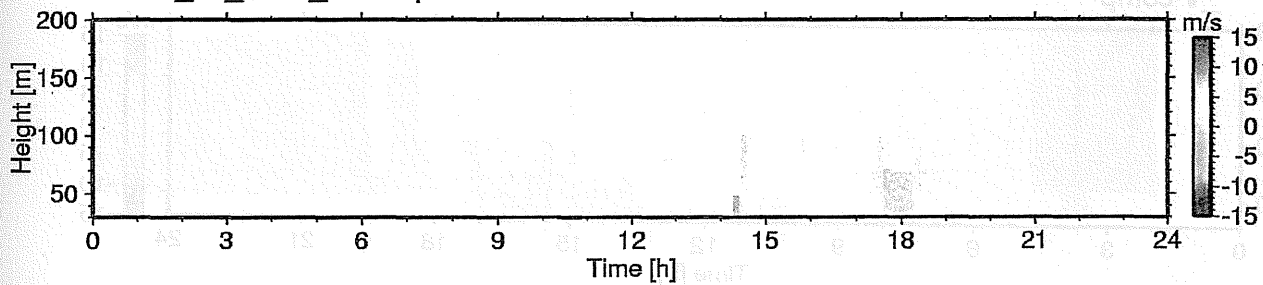
SEP\_03\_2002\_V-comp



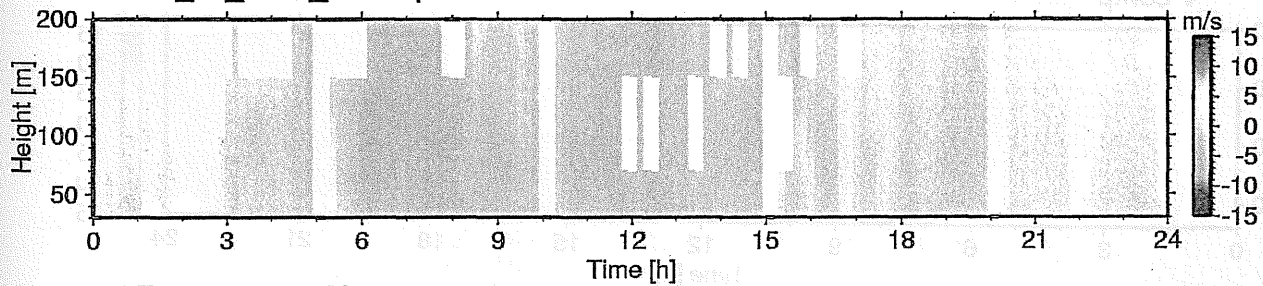
SEP\_04\_2002\_V-comp



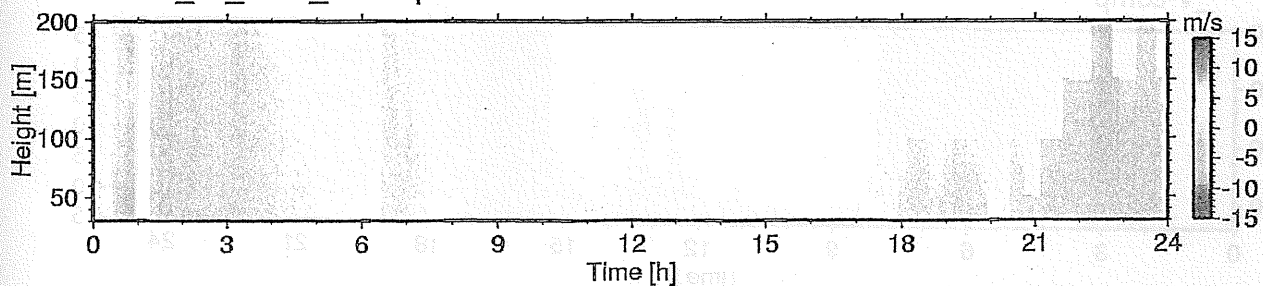
SEP\_05\_2002\_V-comp



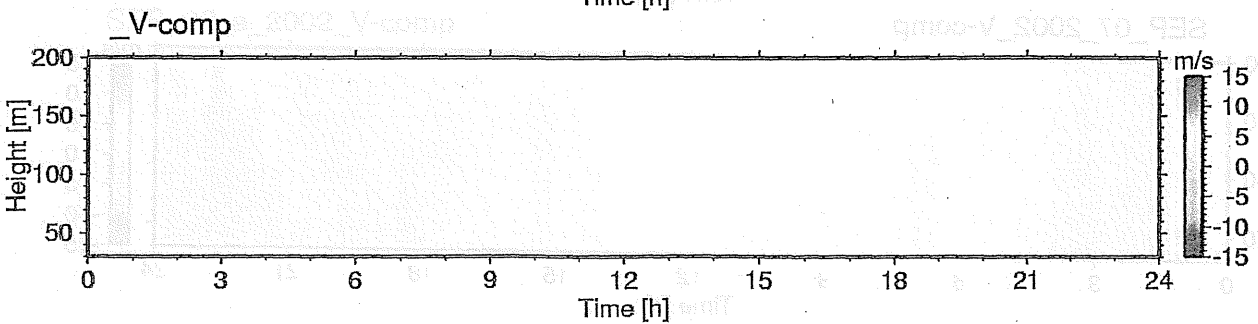
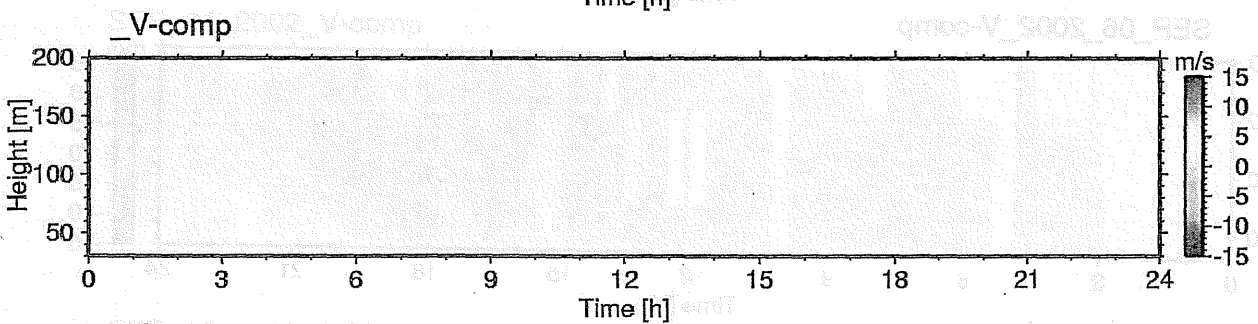
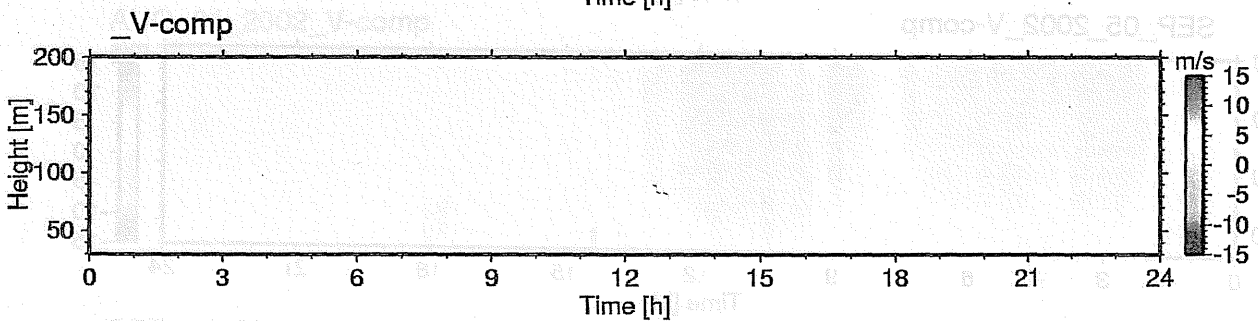
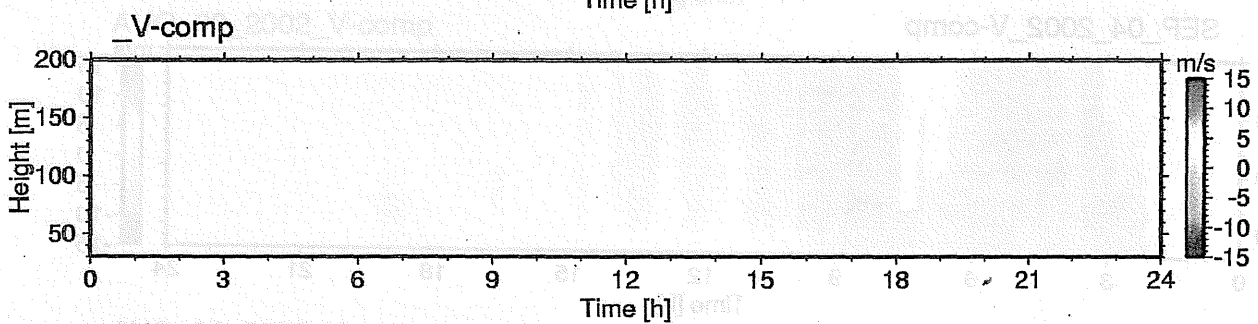
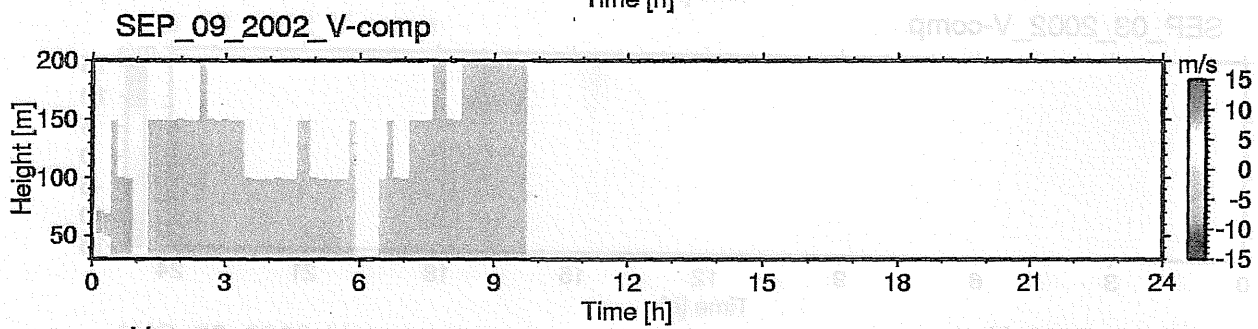
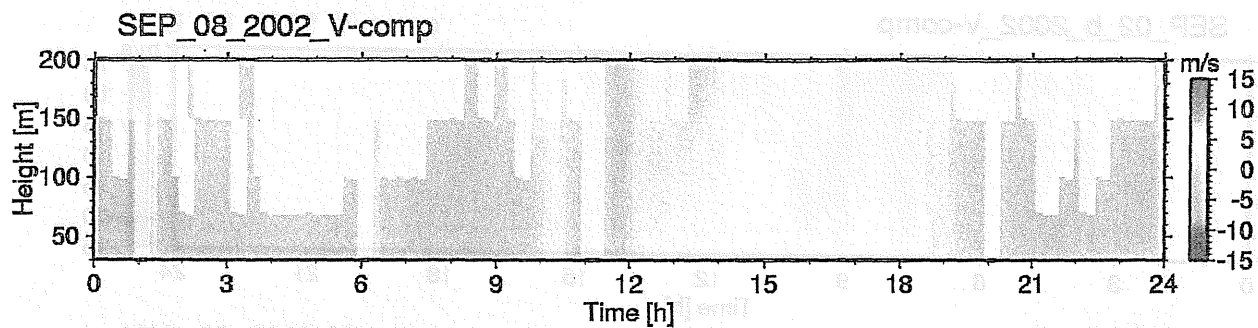
SEP\_06\_2002\_V-comp



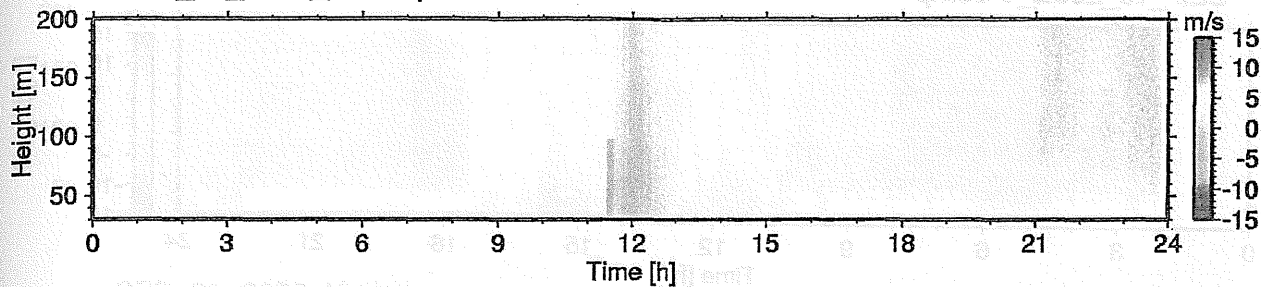
SEP\_07\_2002\_V-comp



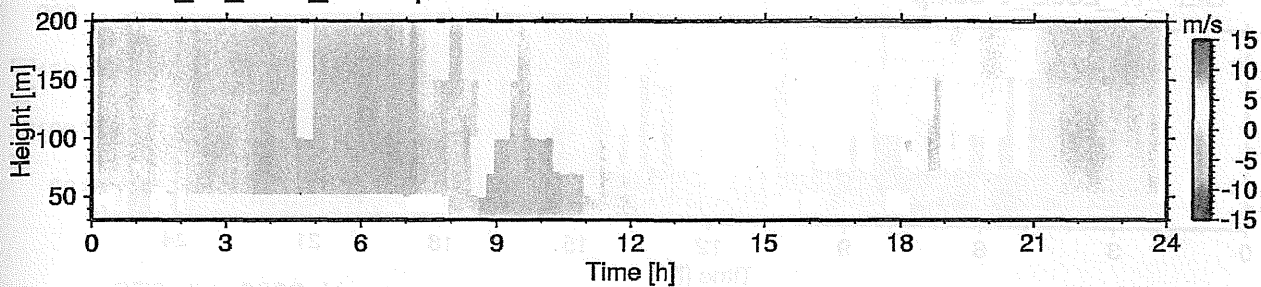




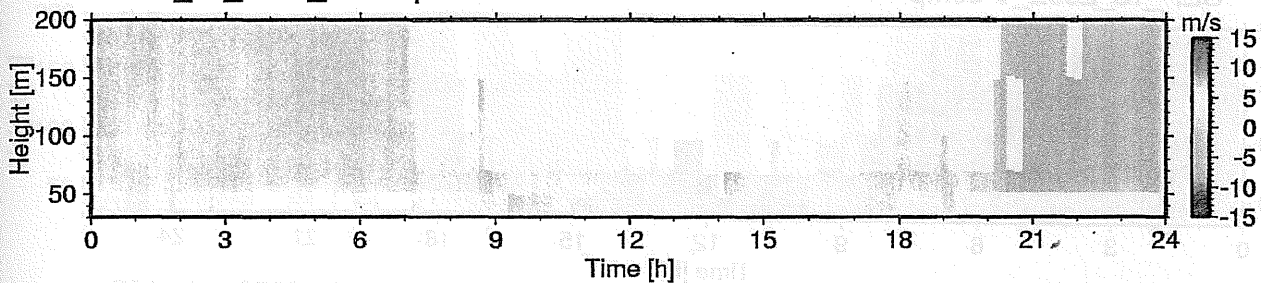
SEP\_10\_2002\_V-comp



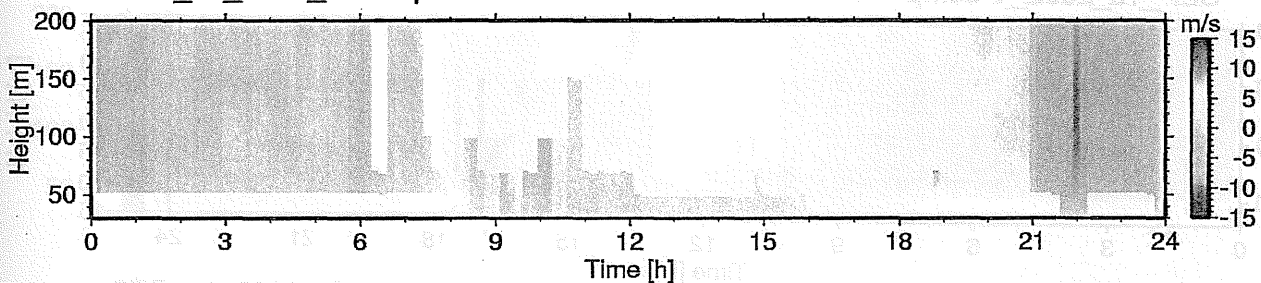
SEP\_11\_2002\_V-comp



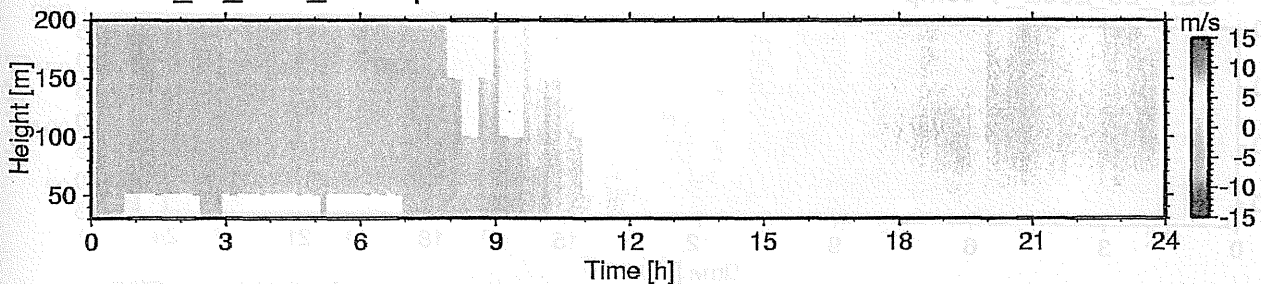
SEP\_12\_2002\_V-comp



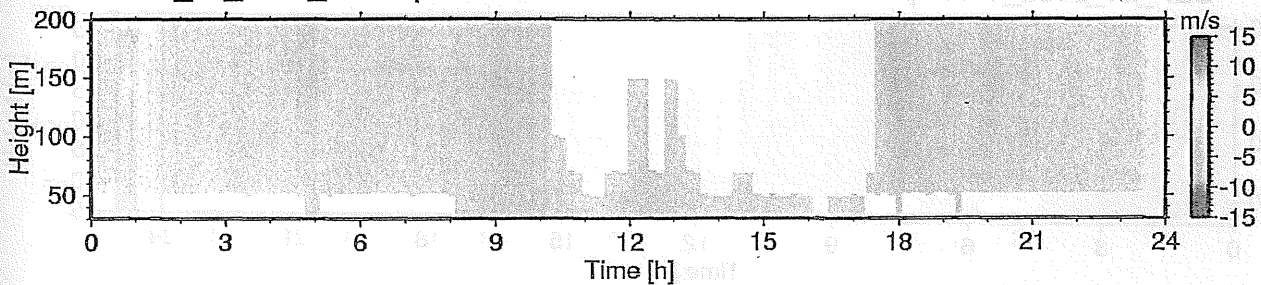
SEP\_13\_2002\_V-comp

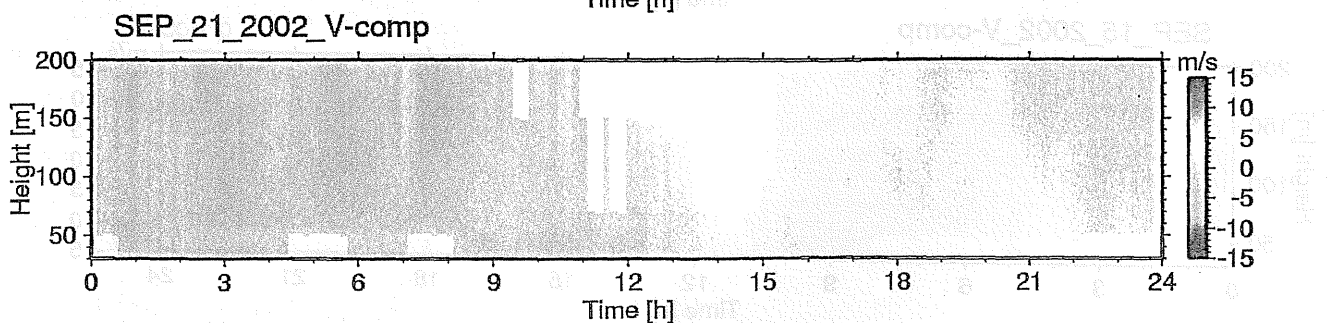
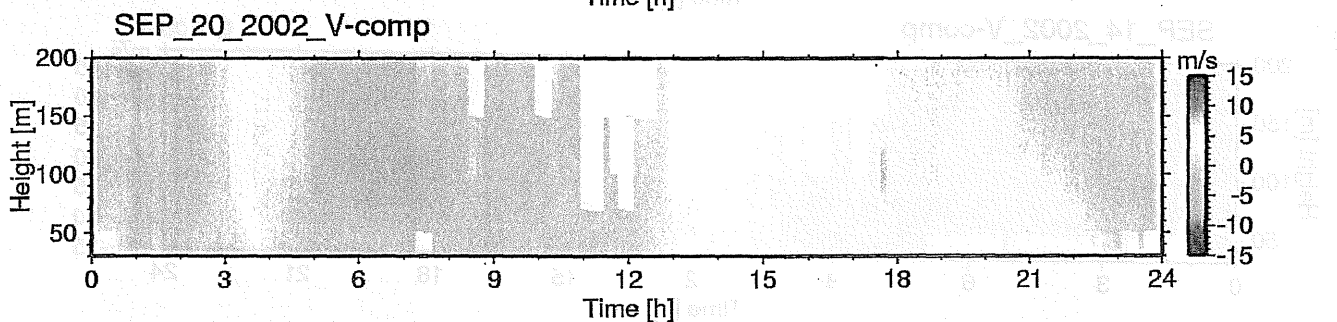
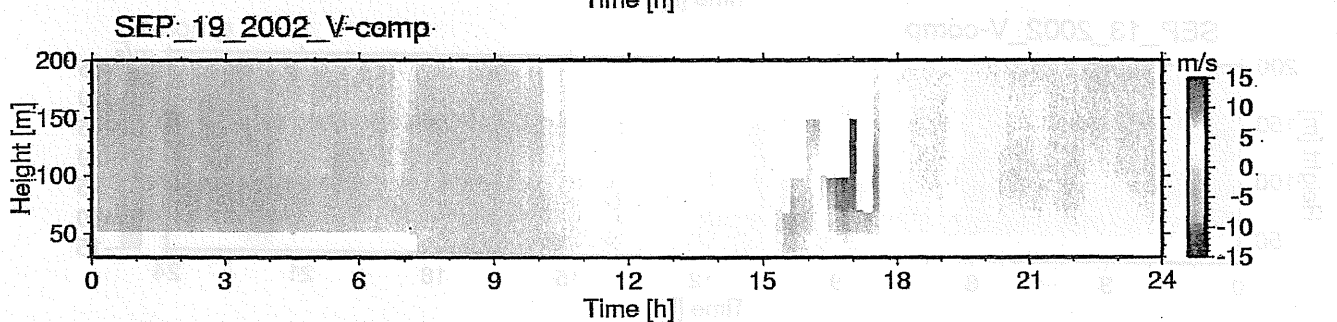
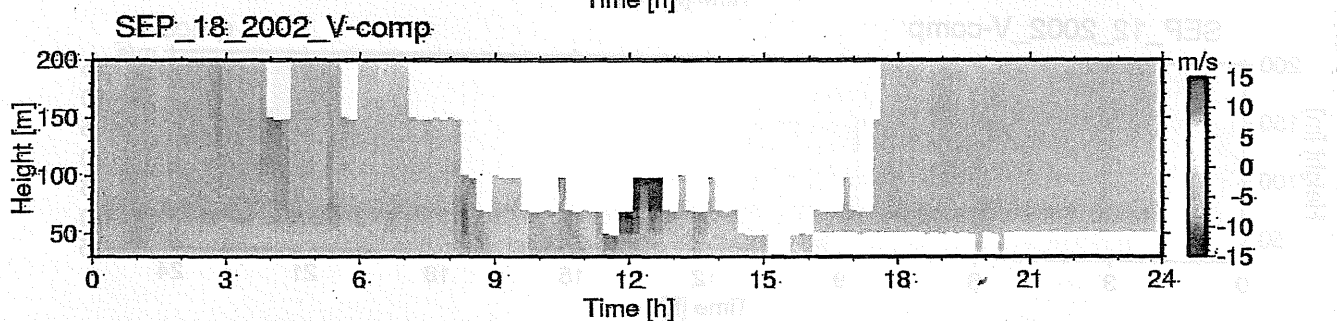
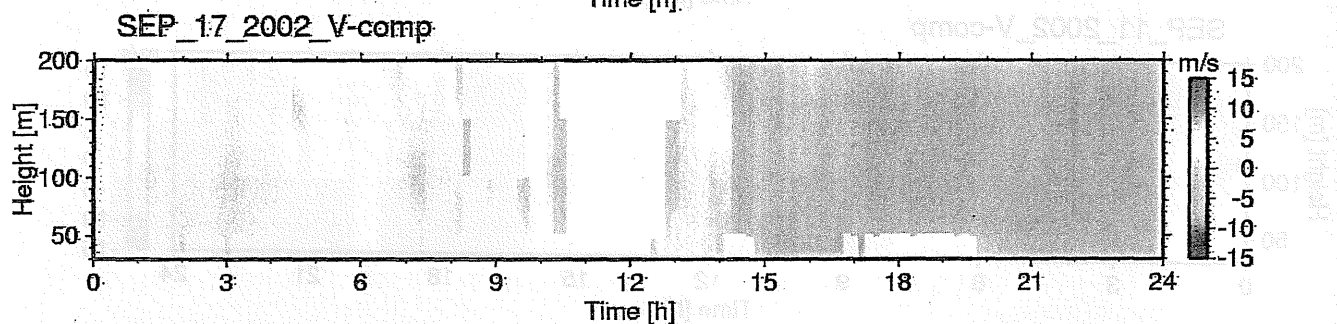
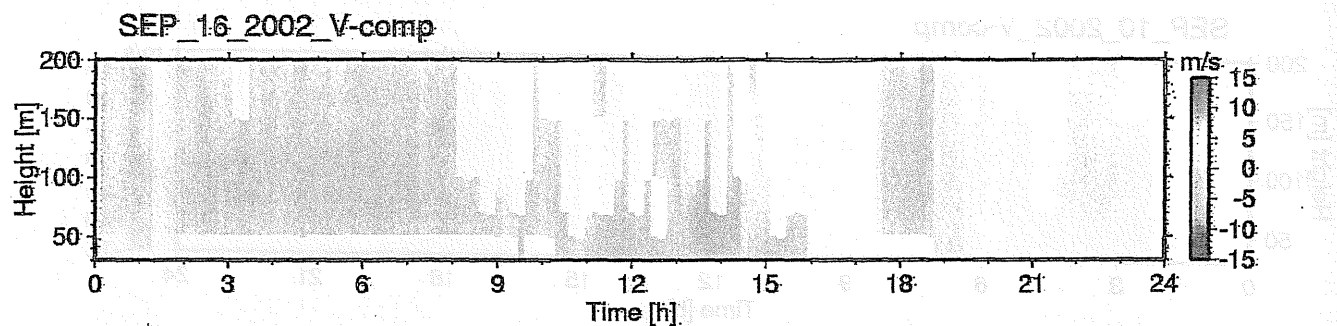


SEP\_14\_2002\_V-comp



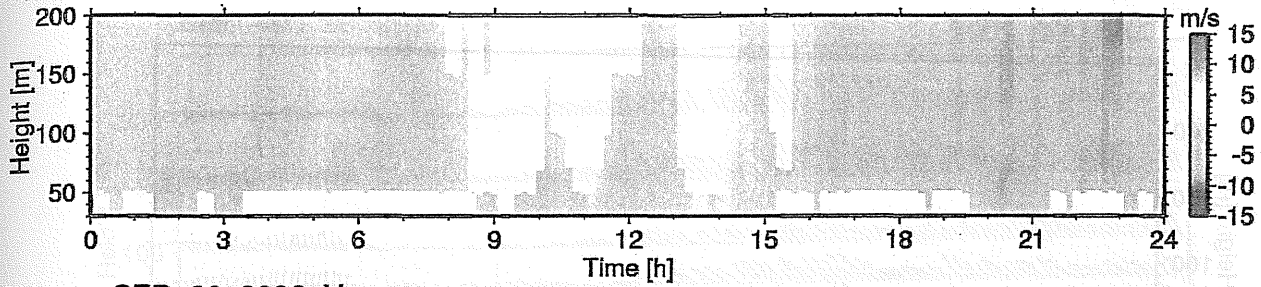
SEP\_15\_2002\_V-comp



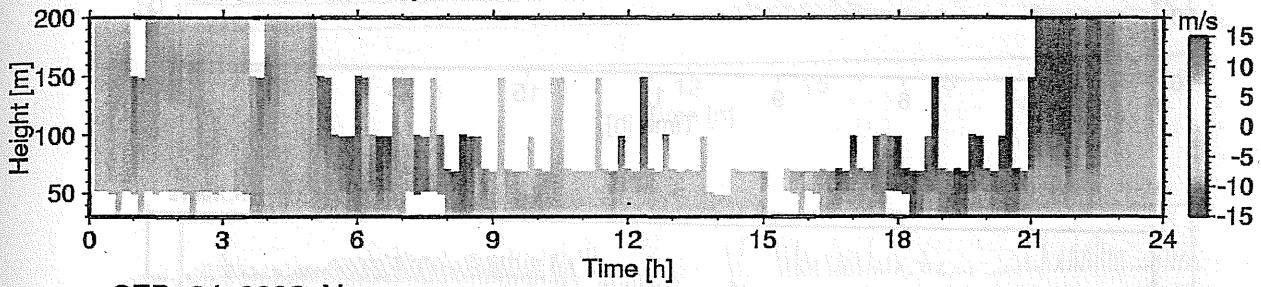




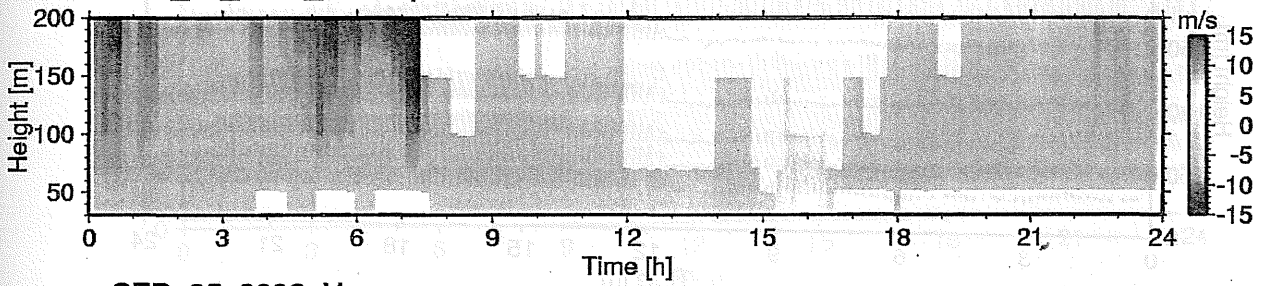
SEP\_22\_2002\_V-comp



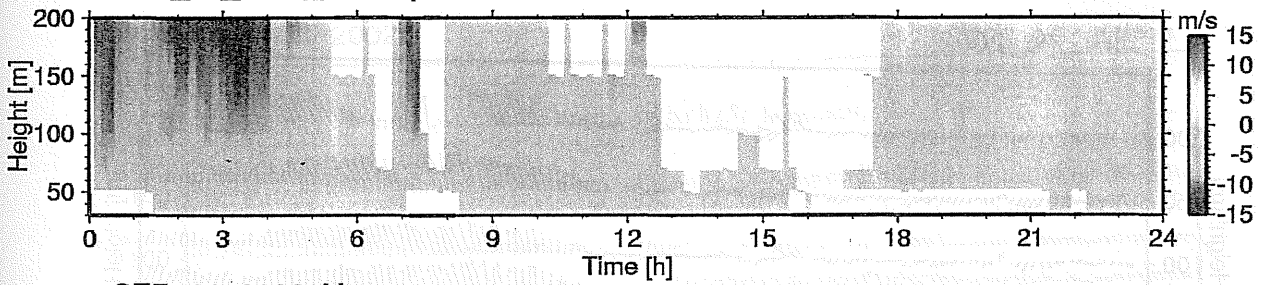
SEP\_23\_2002\_V-comp



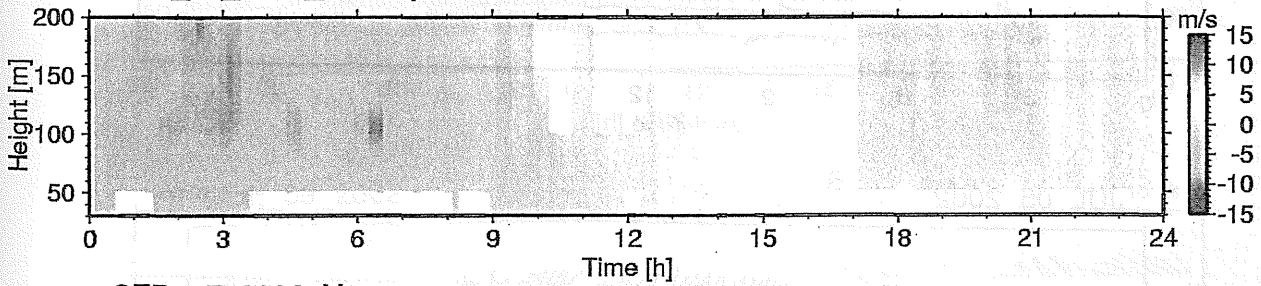
SEP\_24\_2002\_V-comp



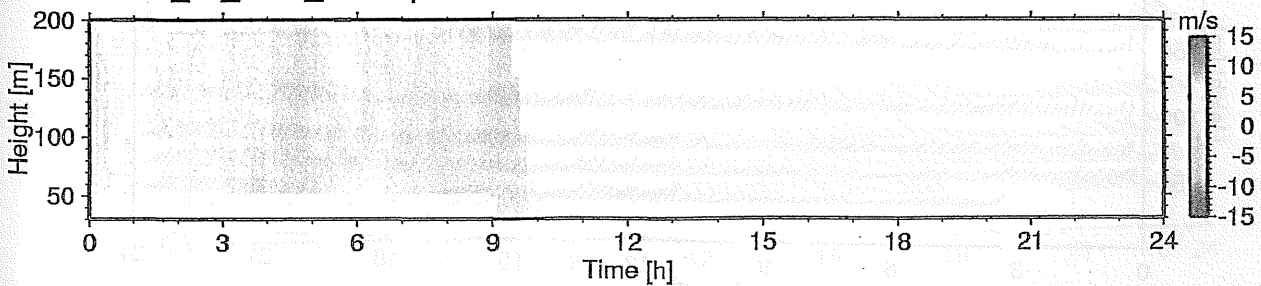
SEP\_25\_2002\_V-comp



SEP\_26\_2002\_V-comp



SEP\_27\_2002\_V-comp



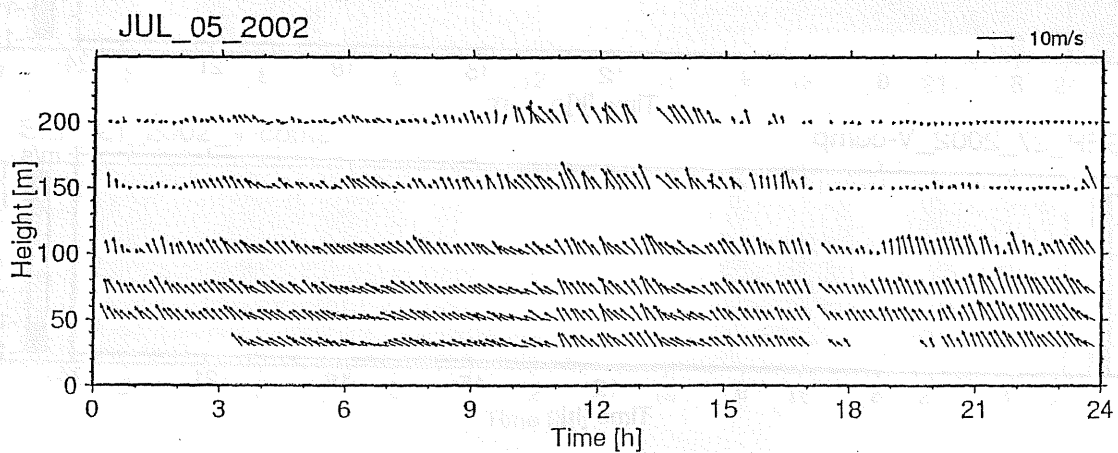
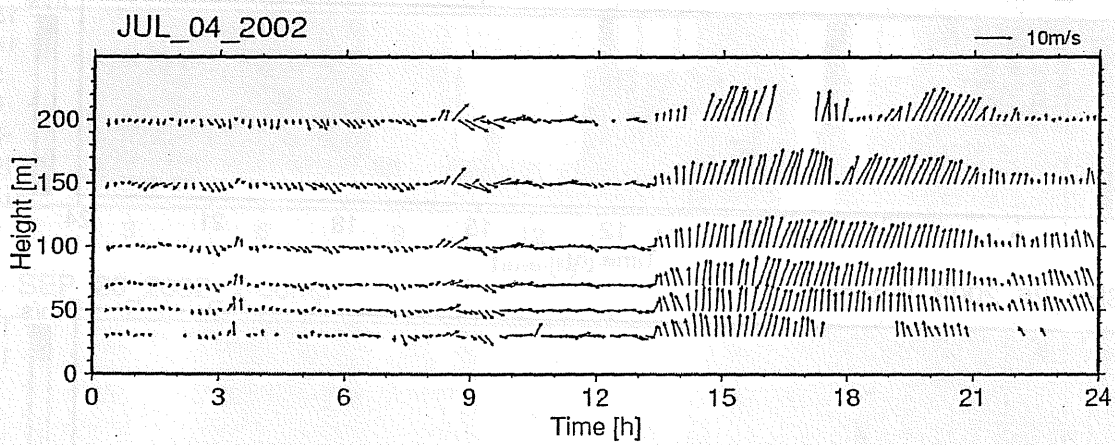
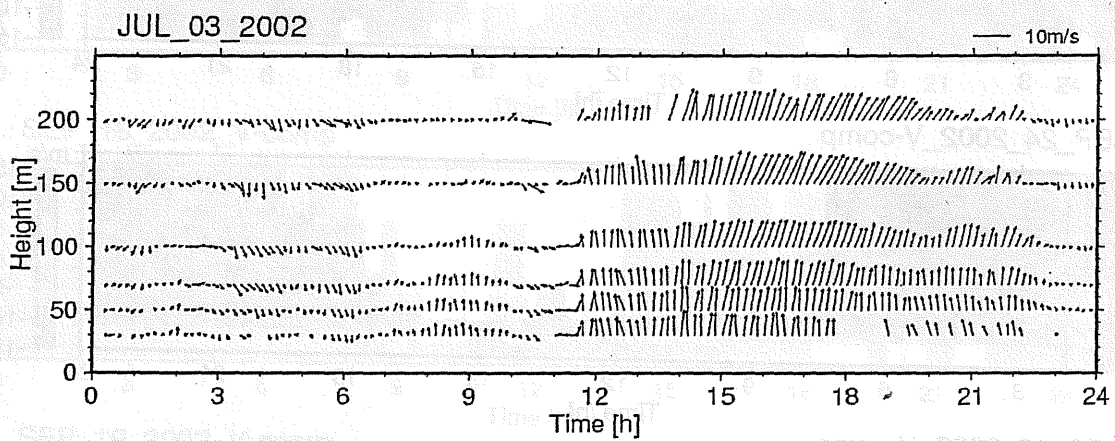
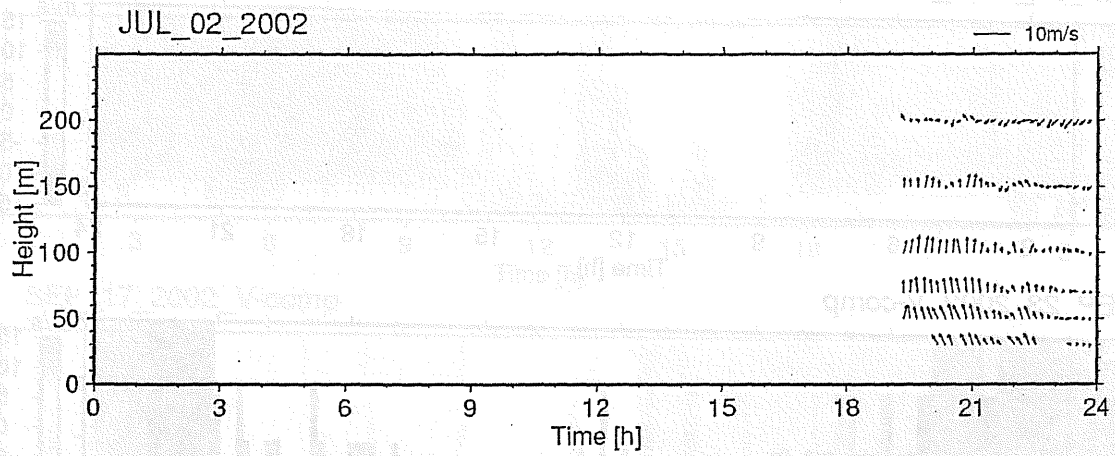
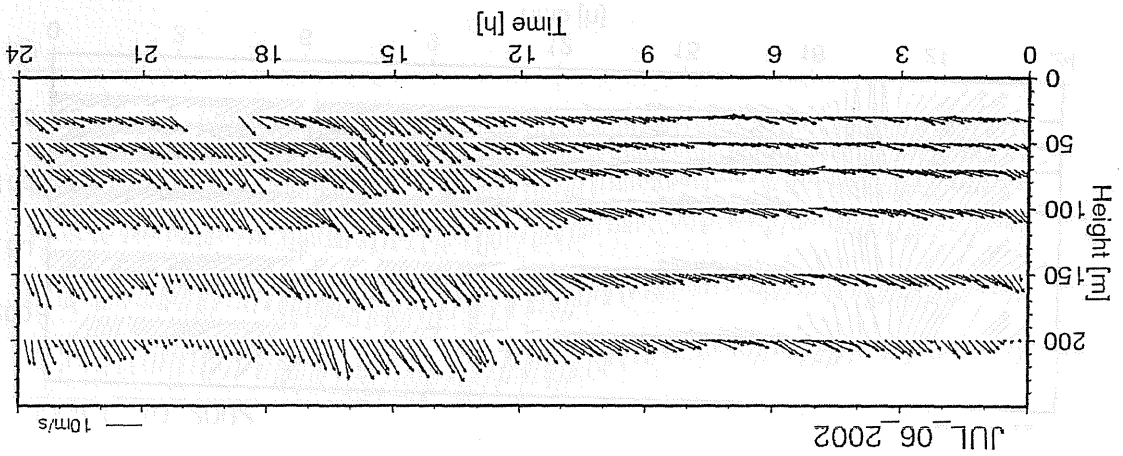
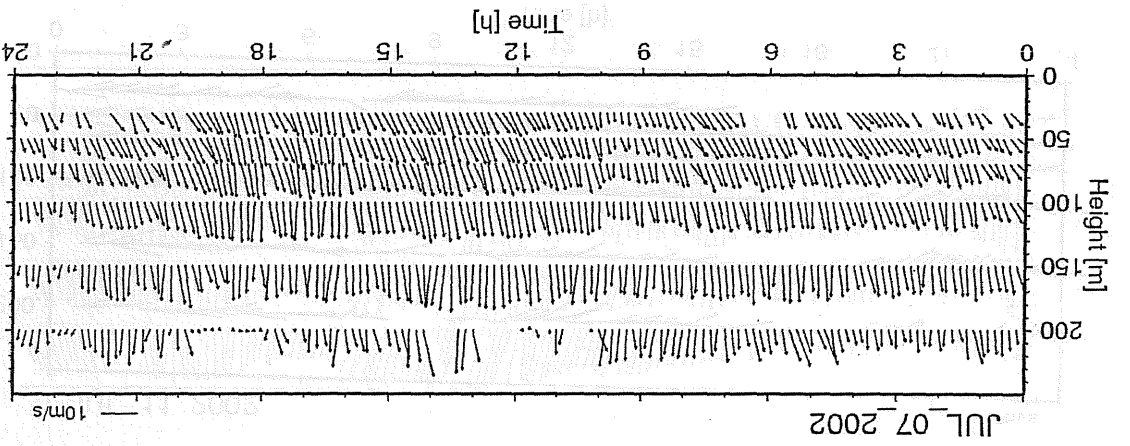
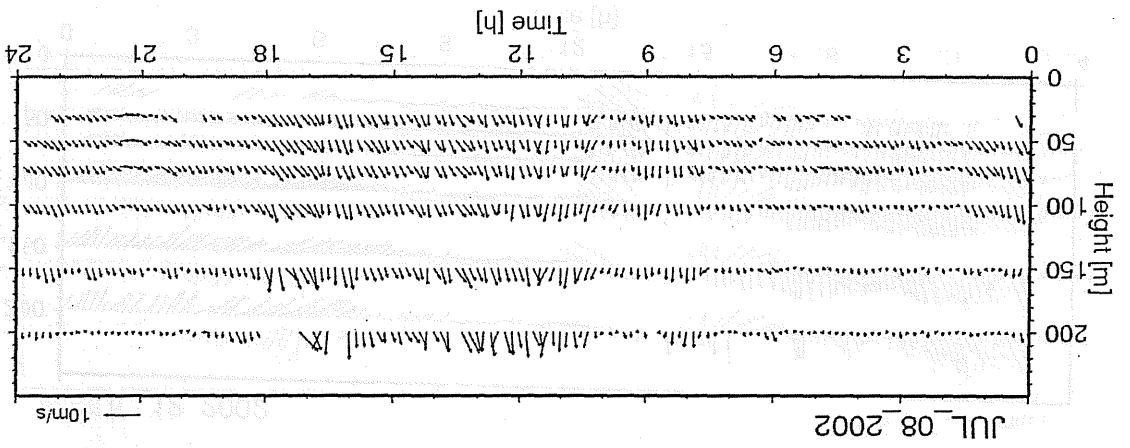
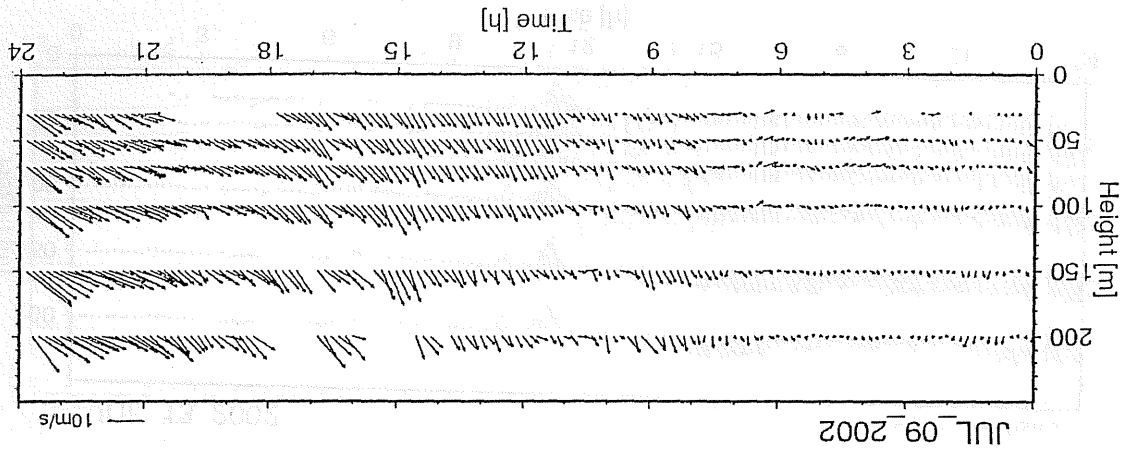
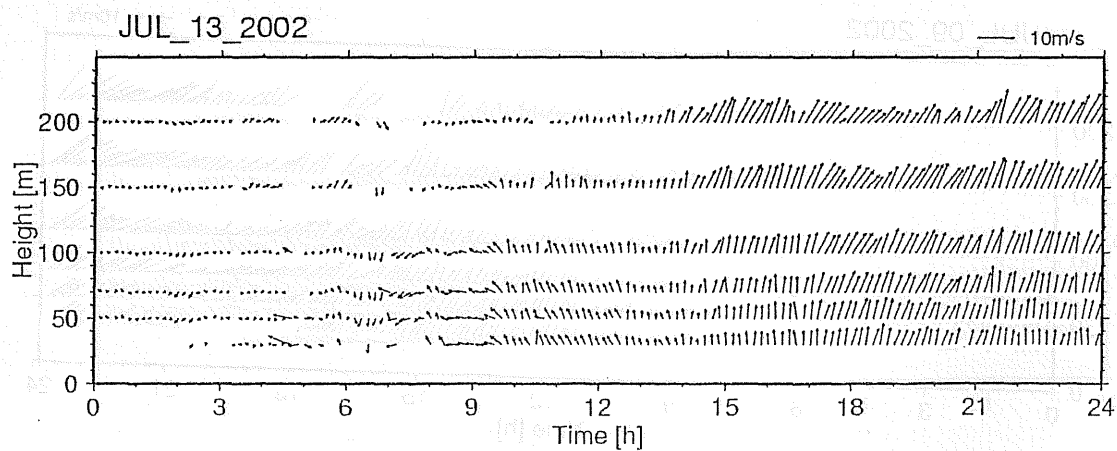
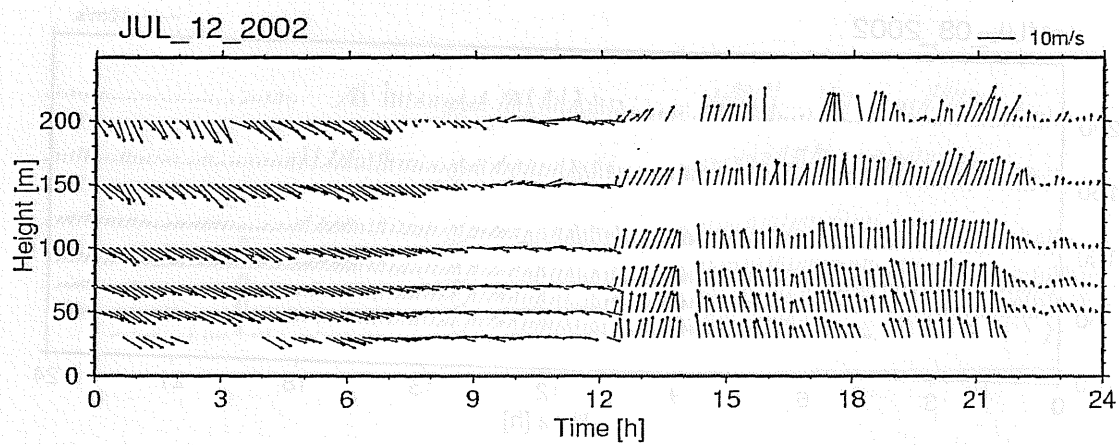
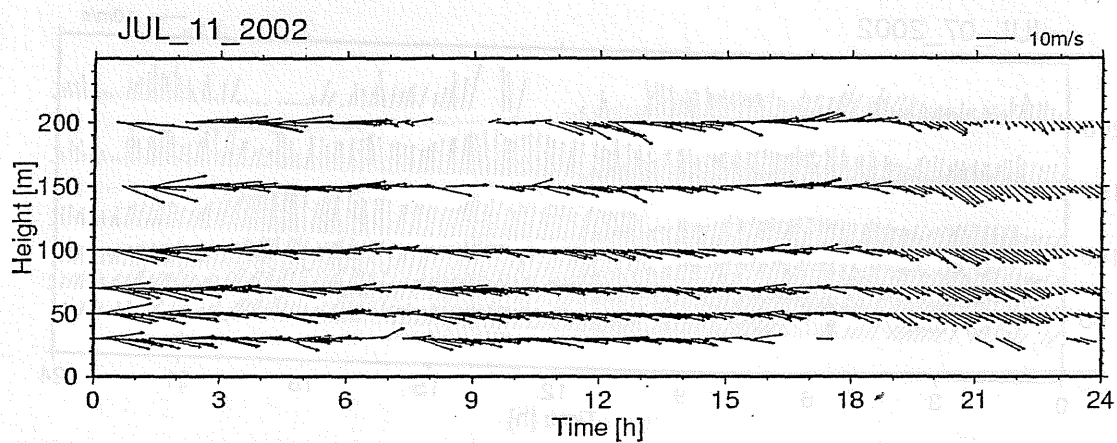
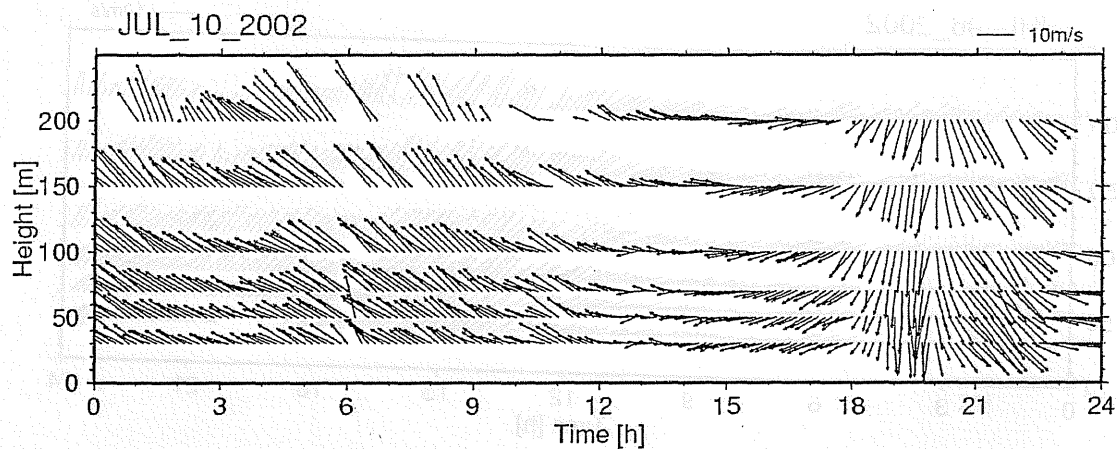
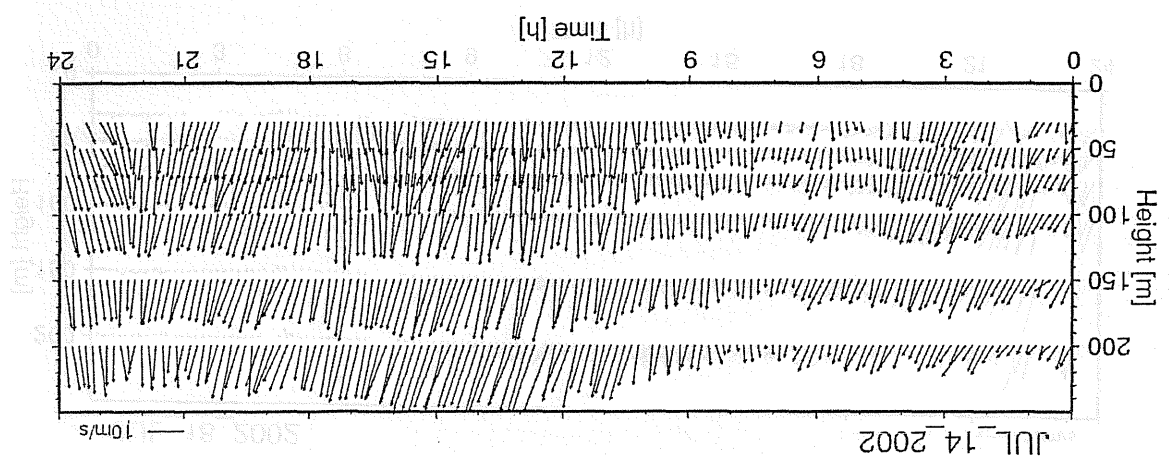
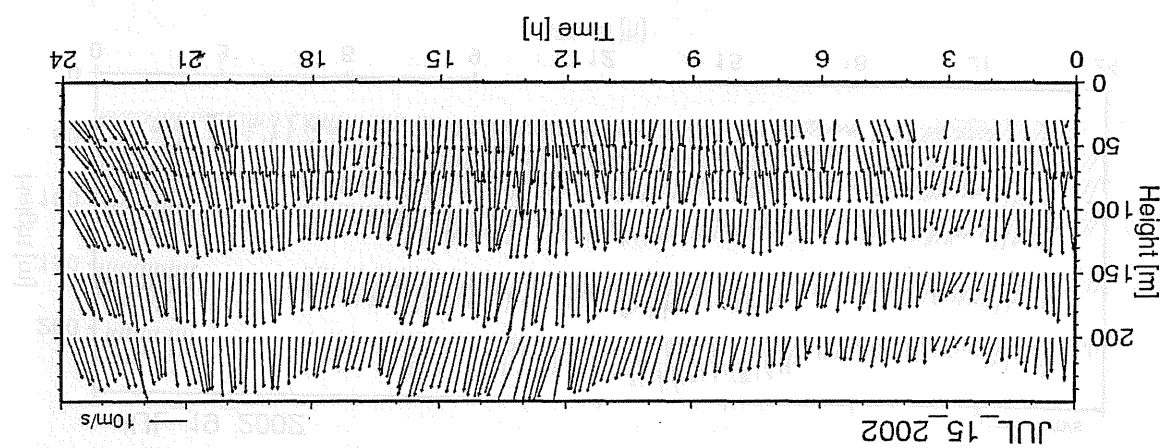
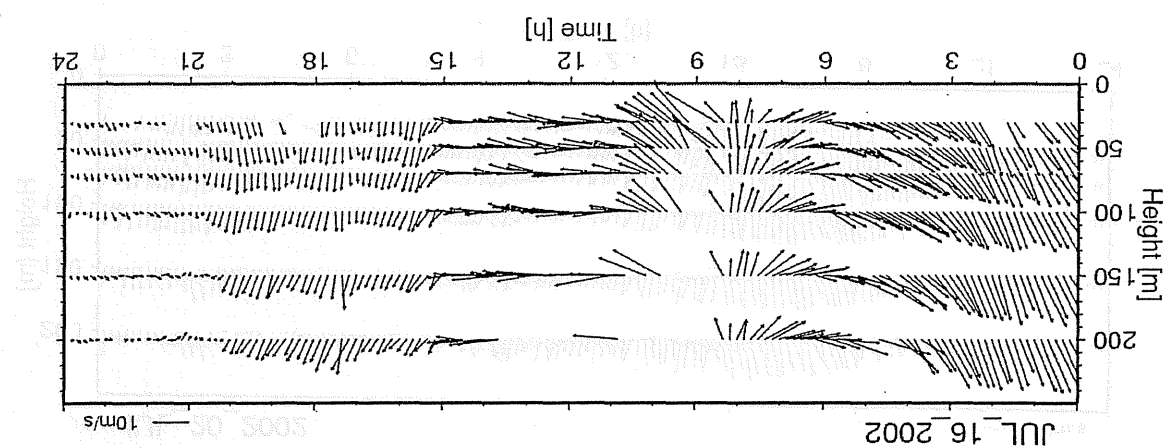
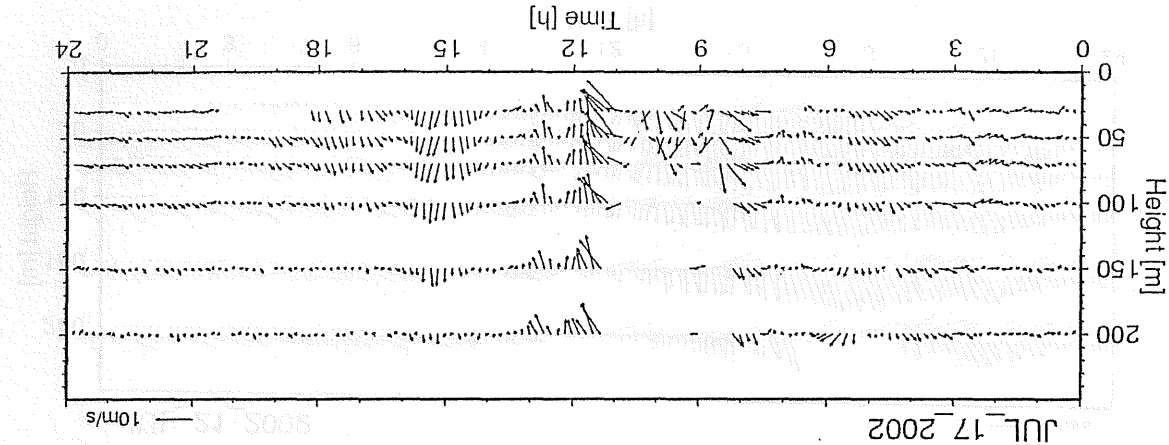


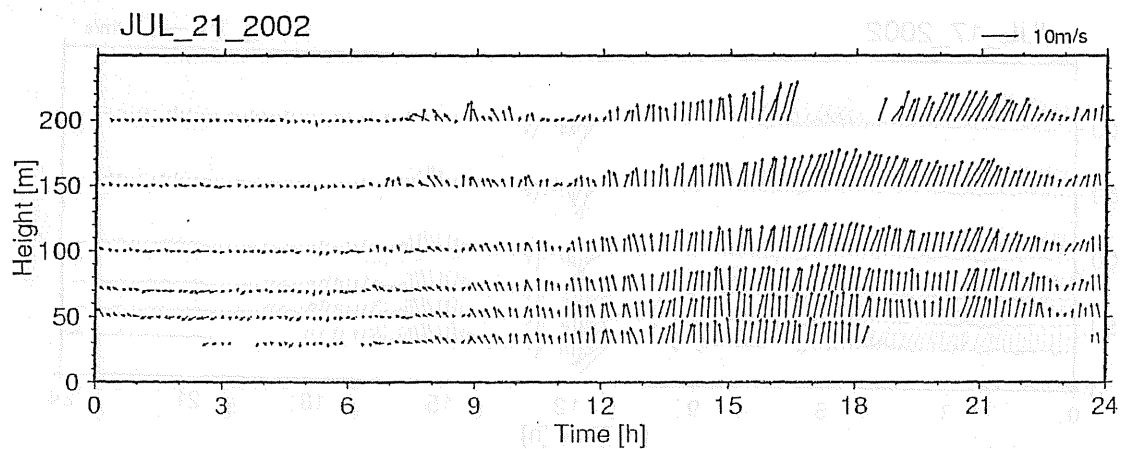
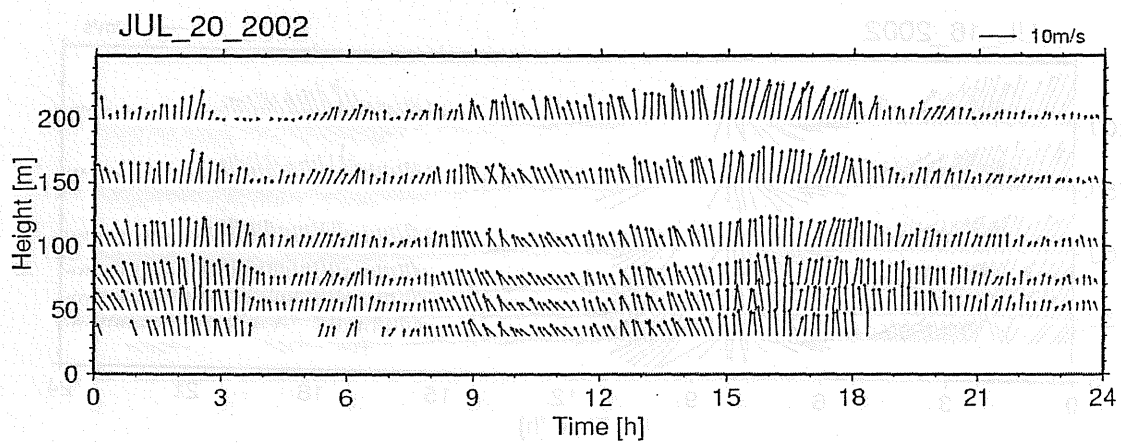
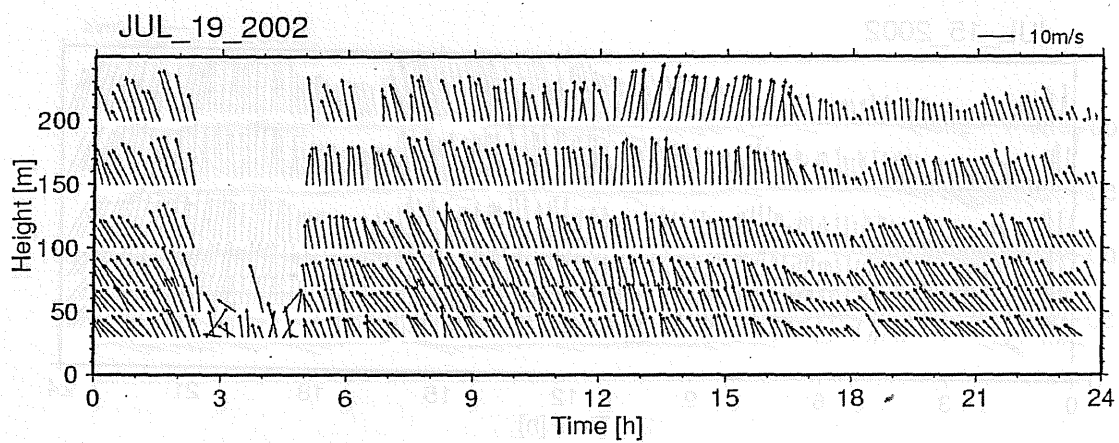
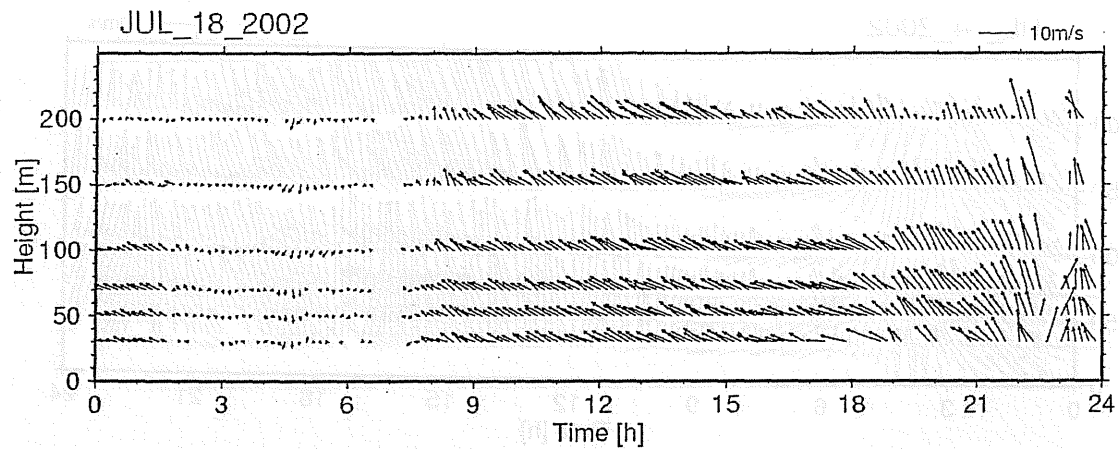
図-3.3.4 ベクトル図



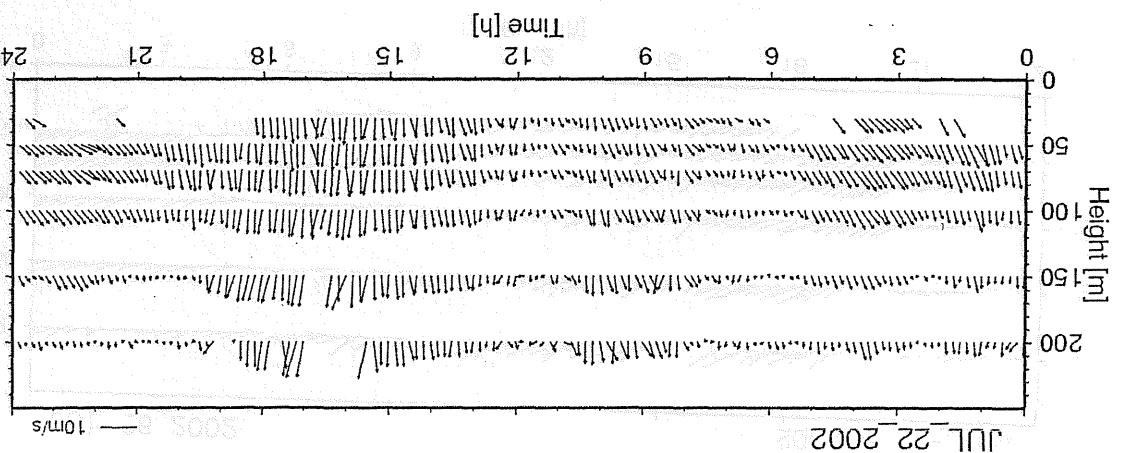
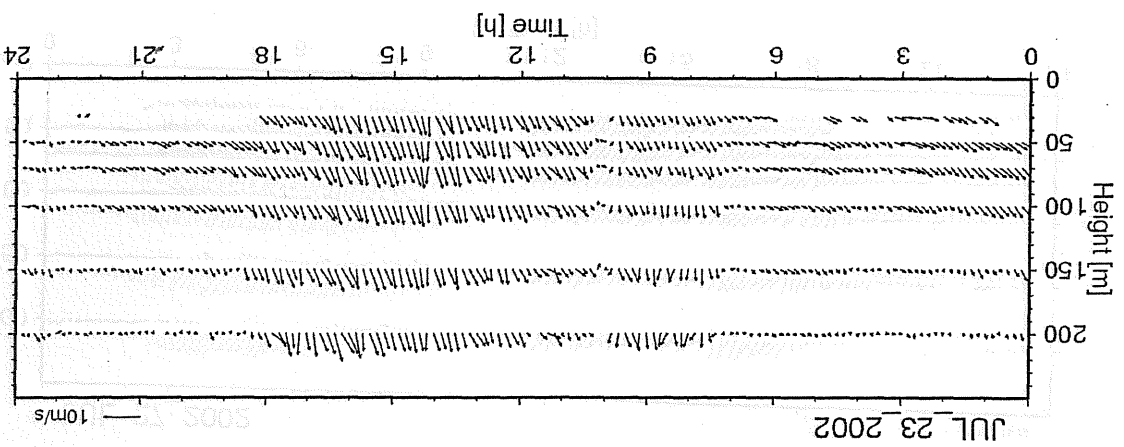
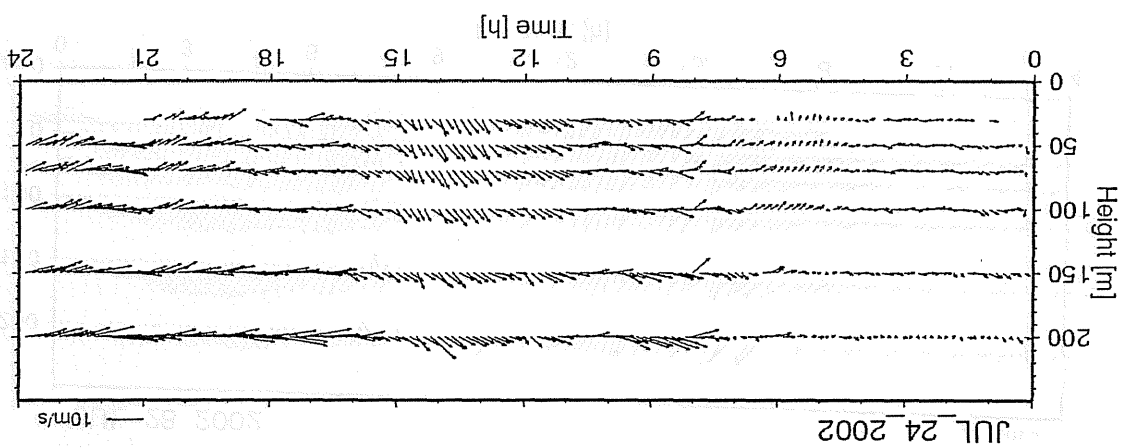
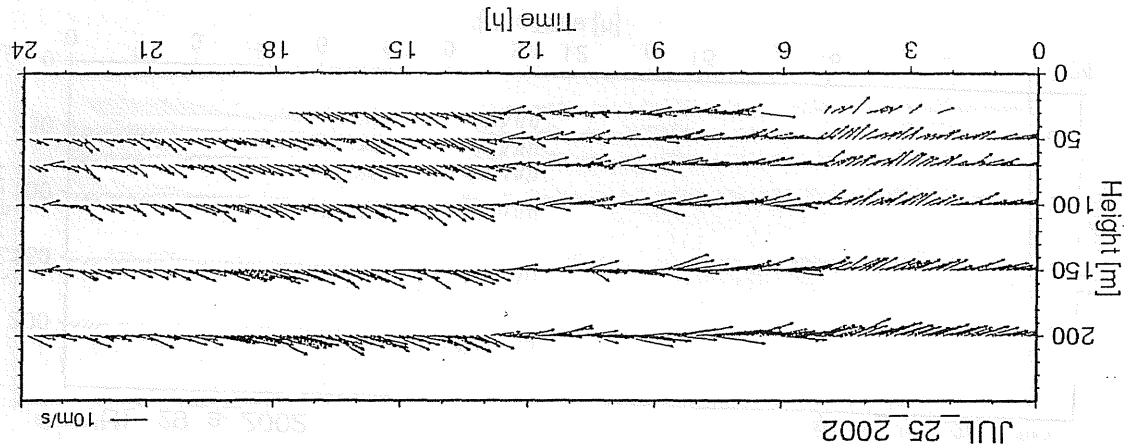


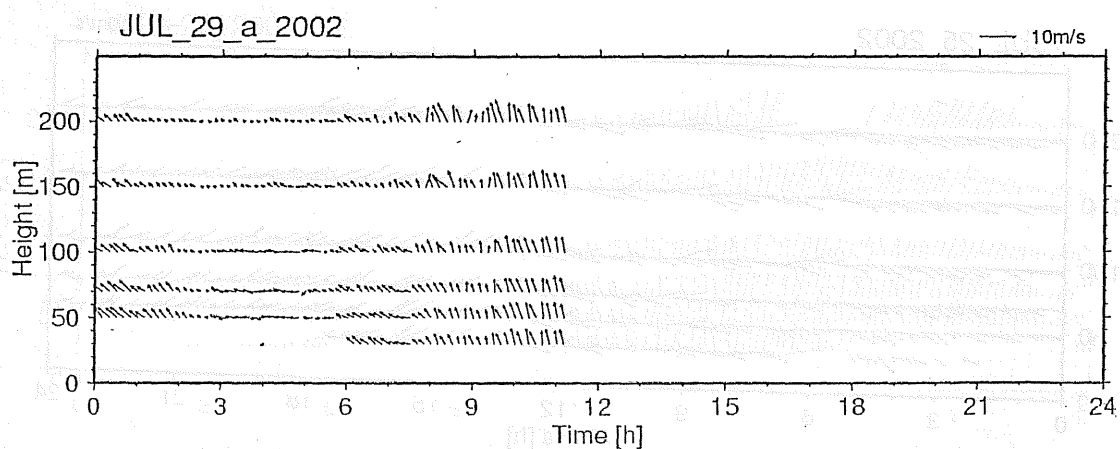
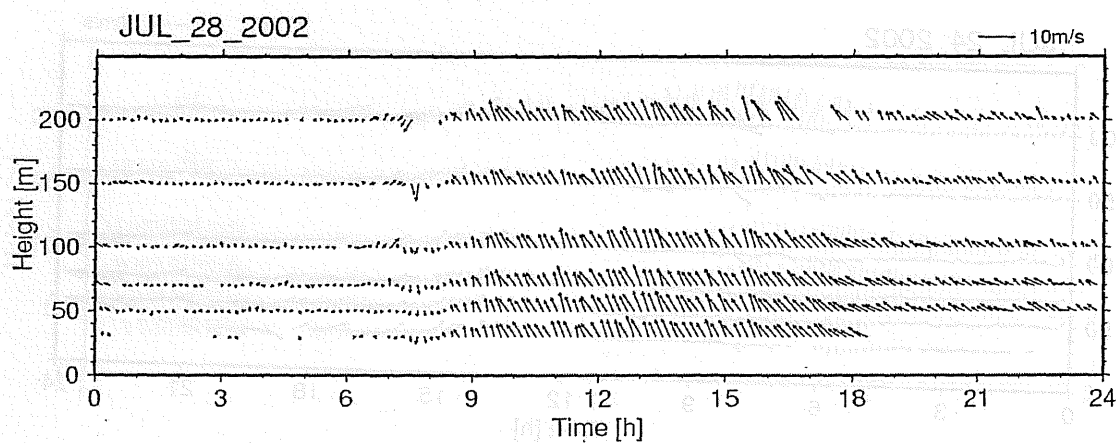
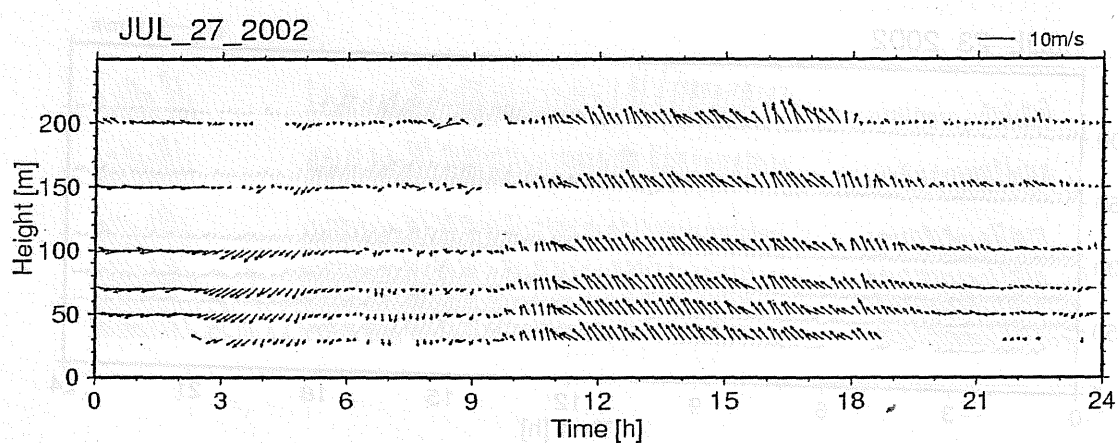
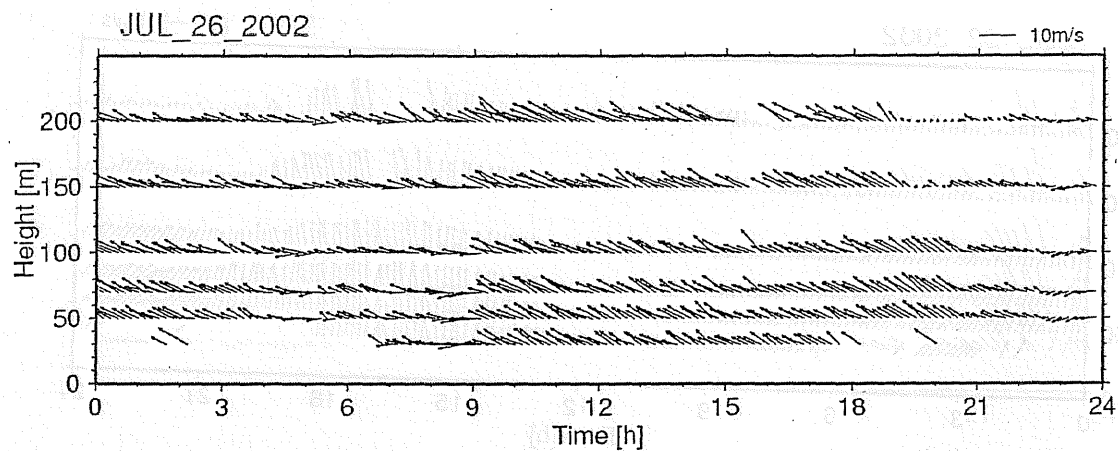


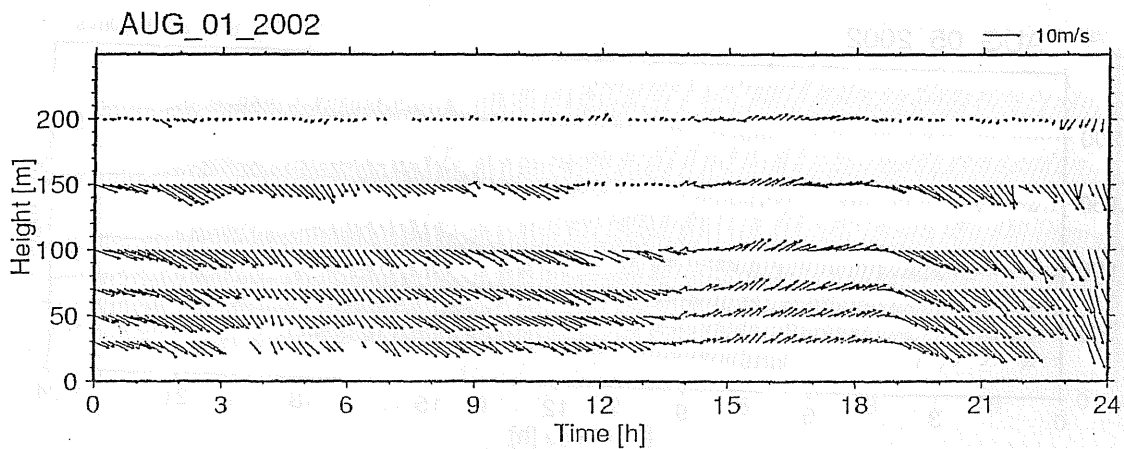
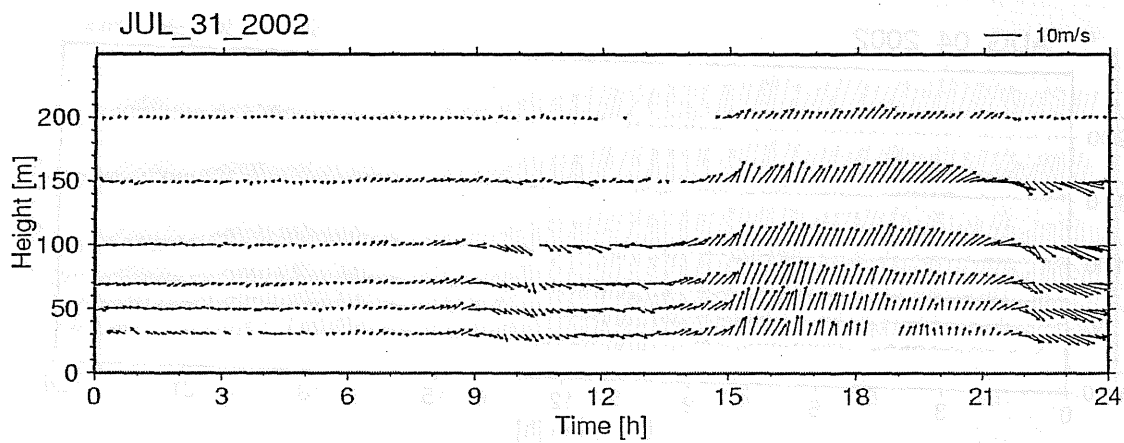
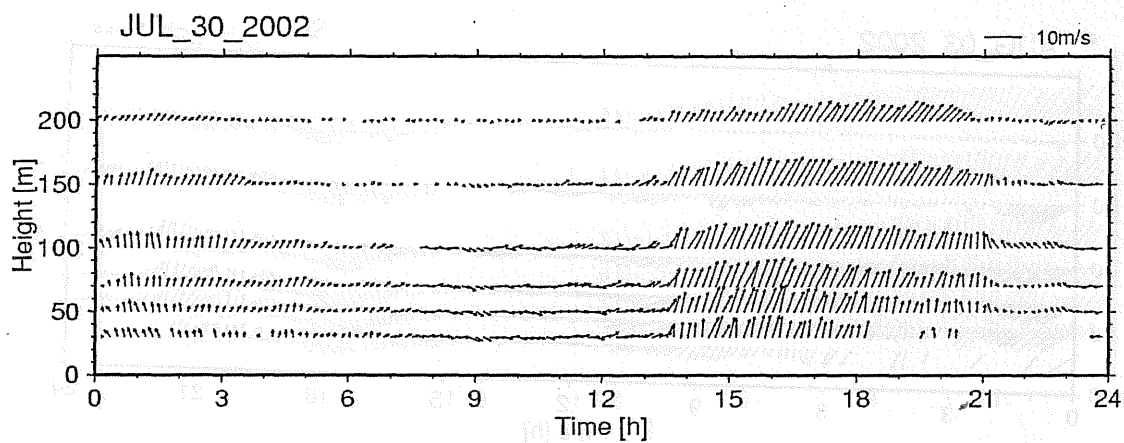
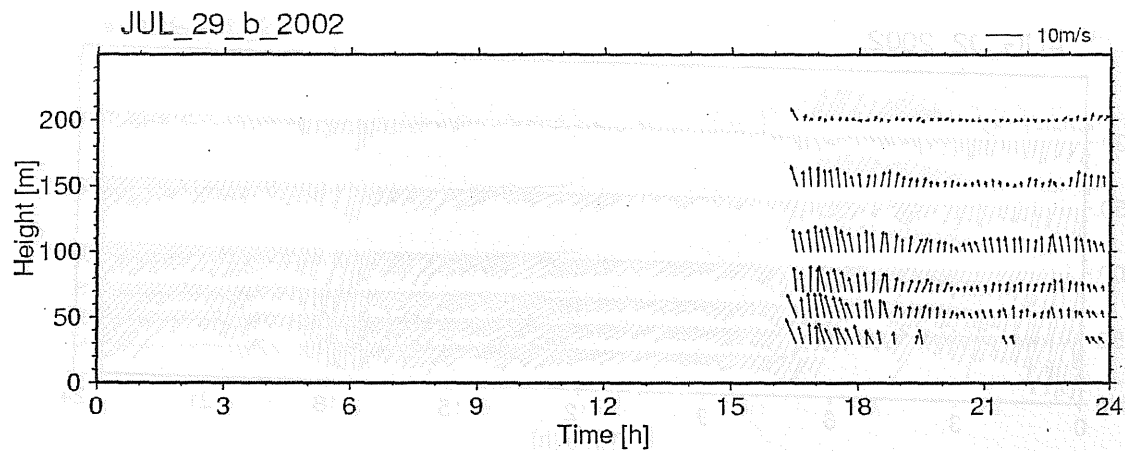




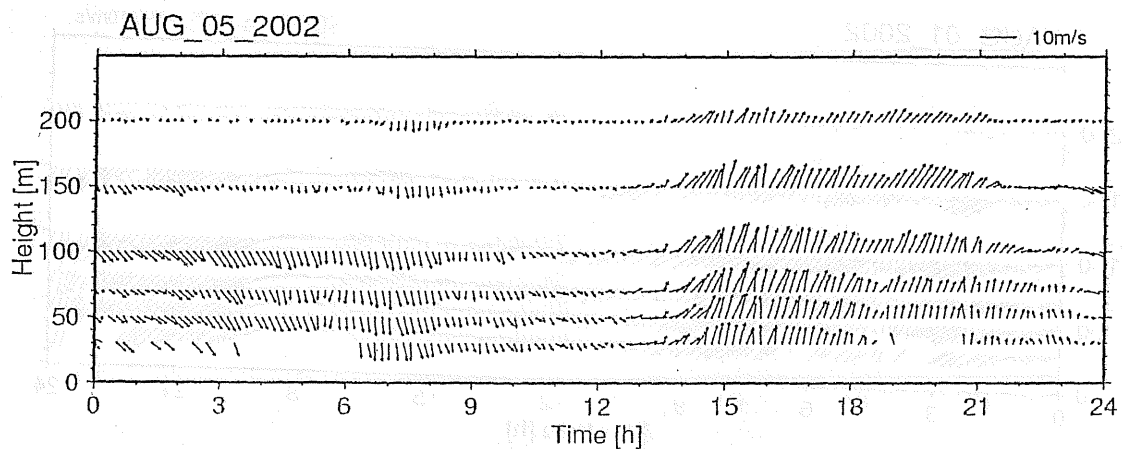
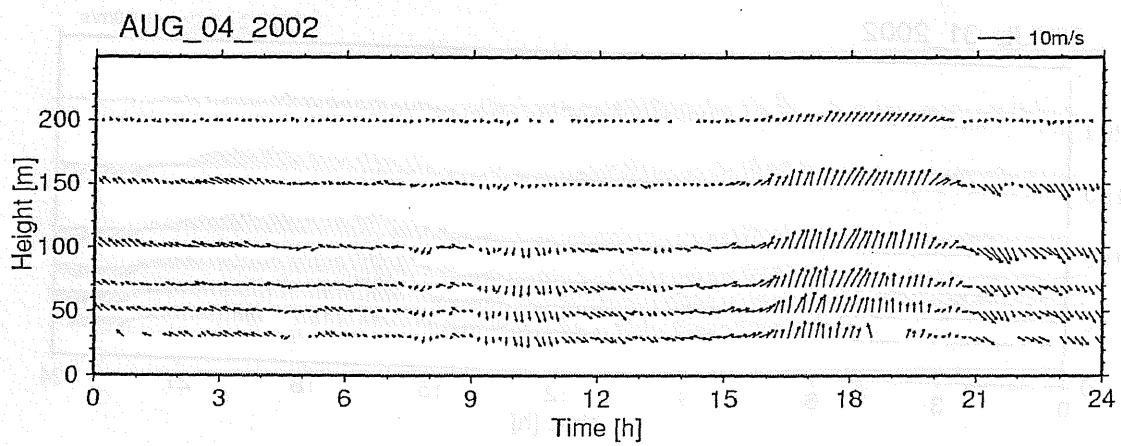
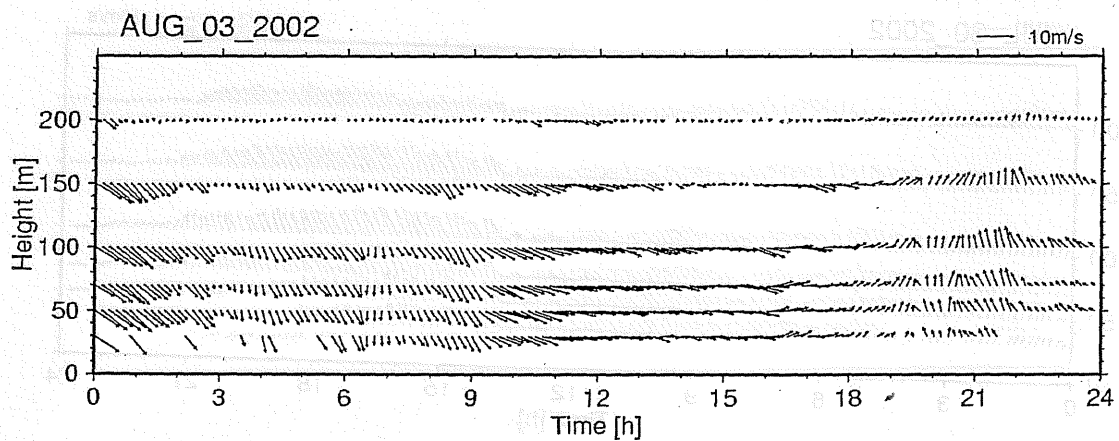
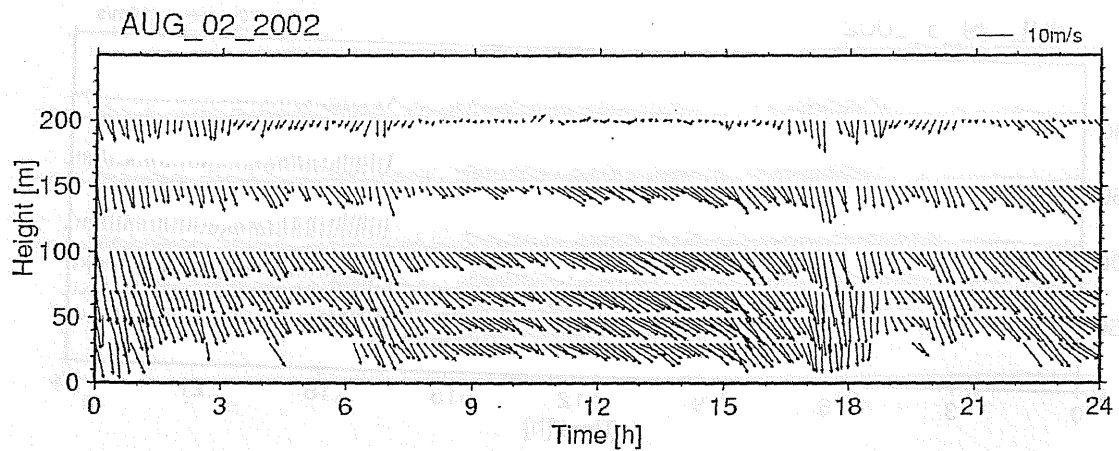


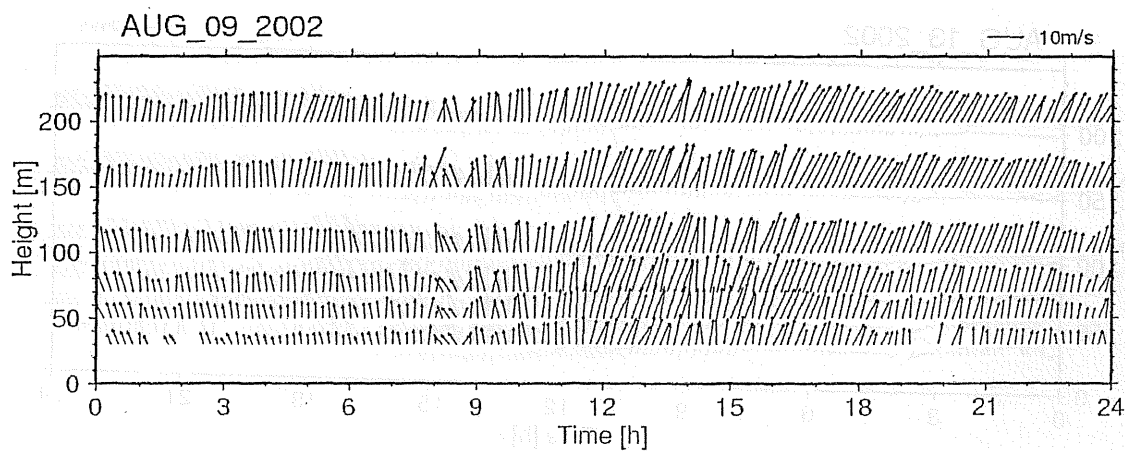
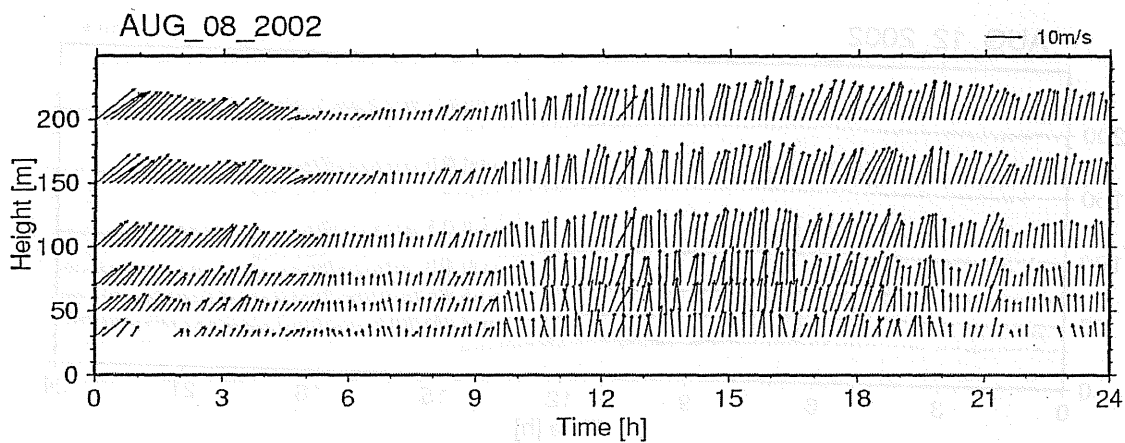
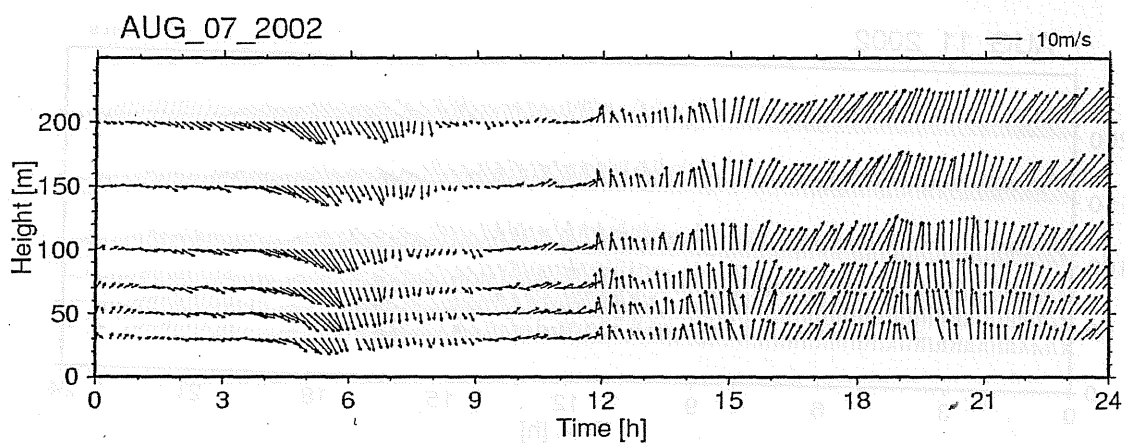
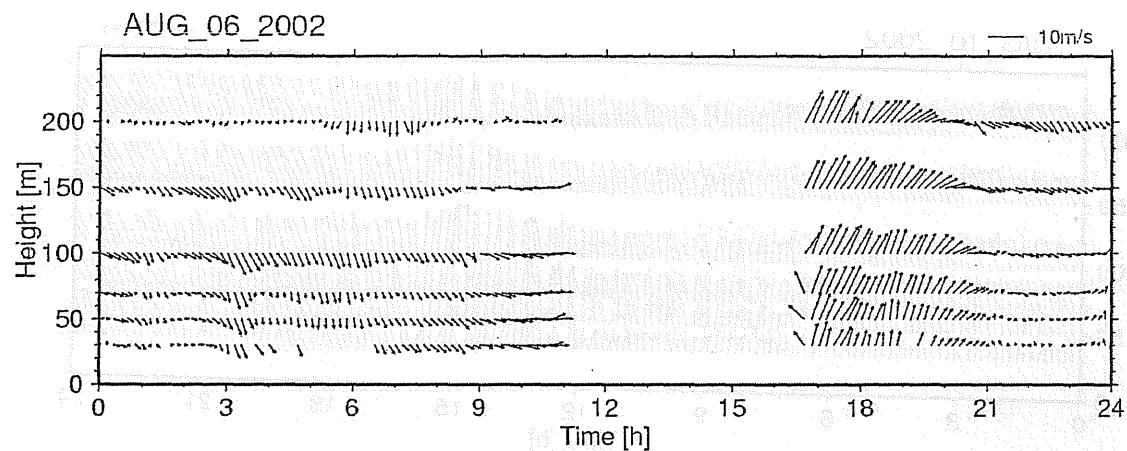


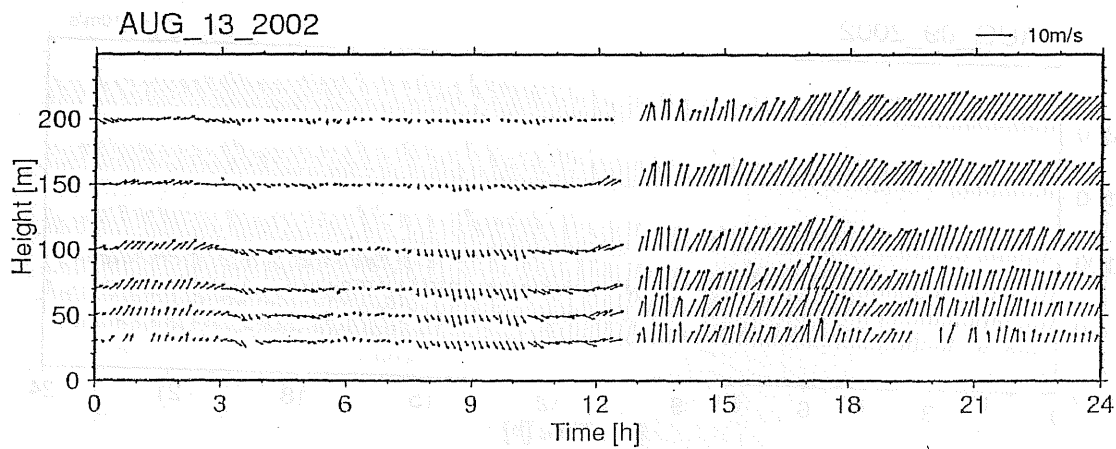
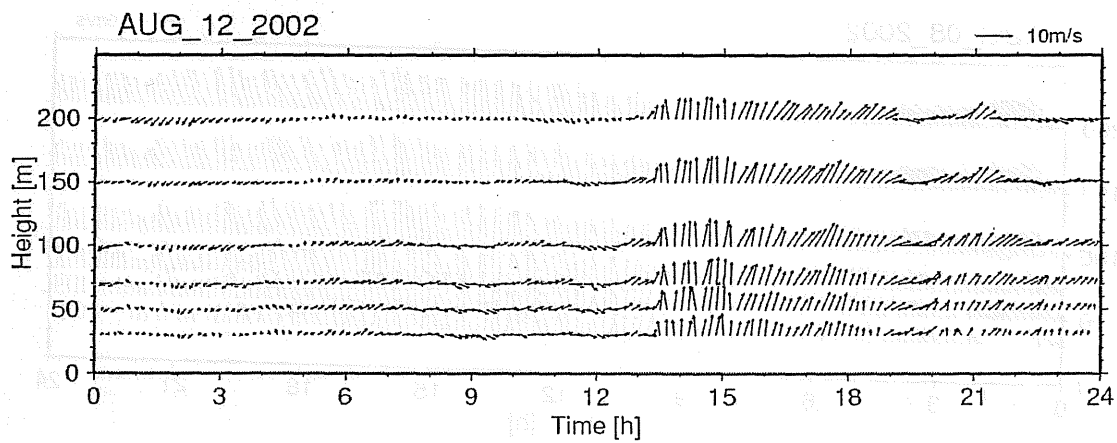
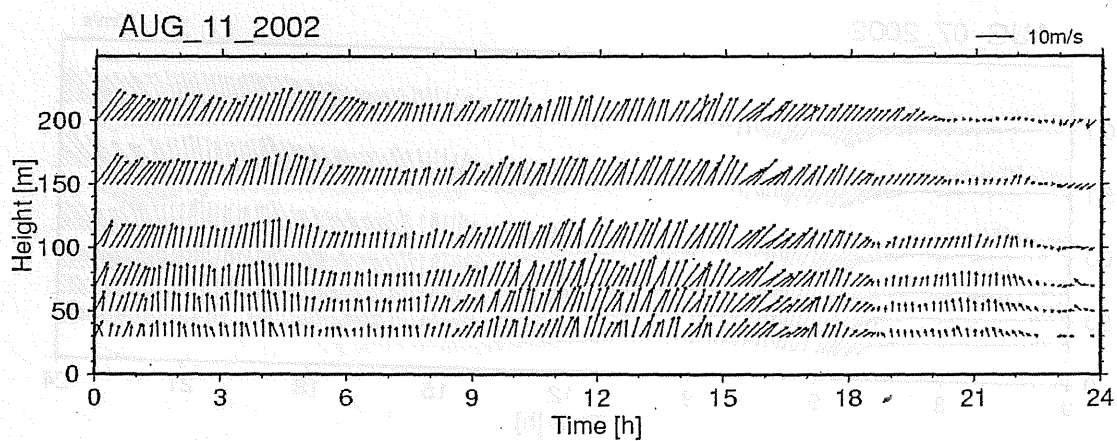
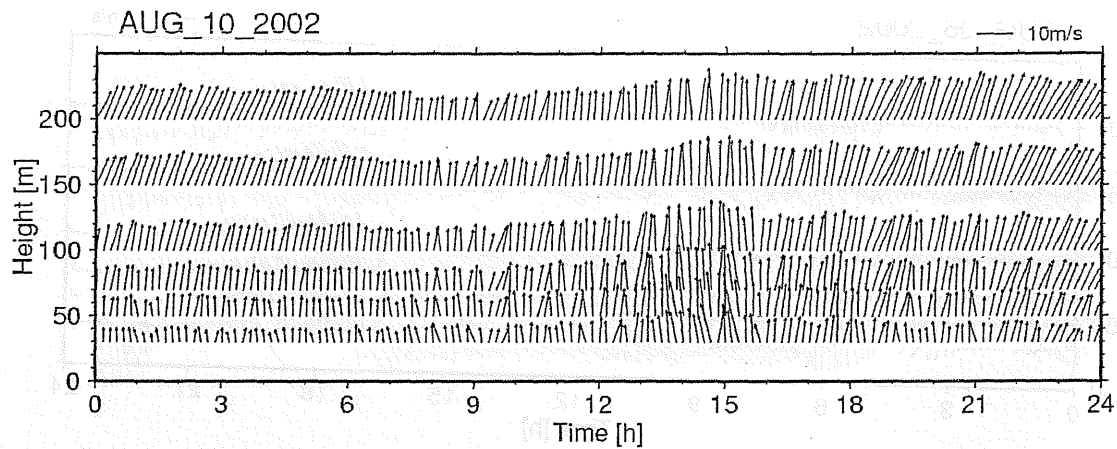




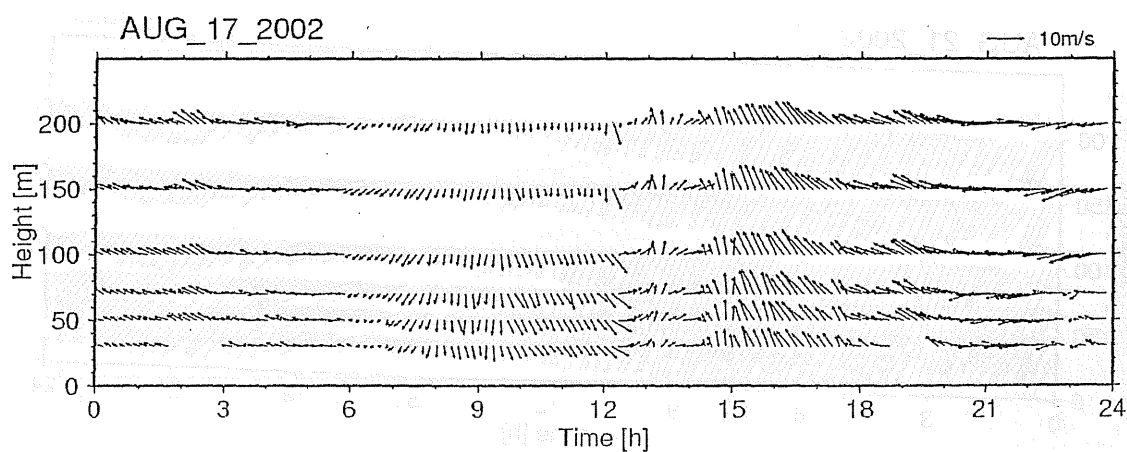
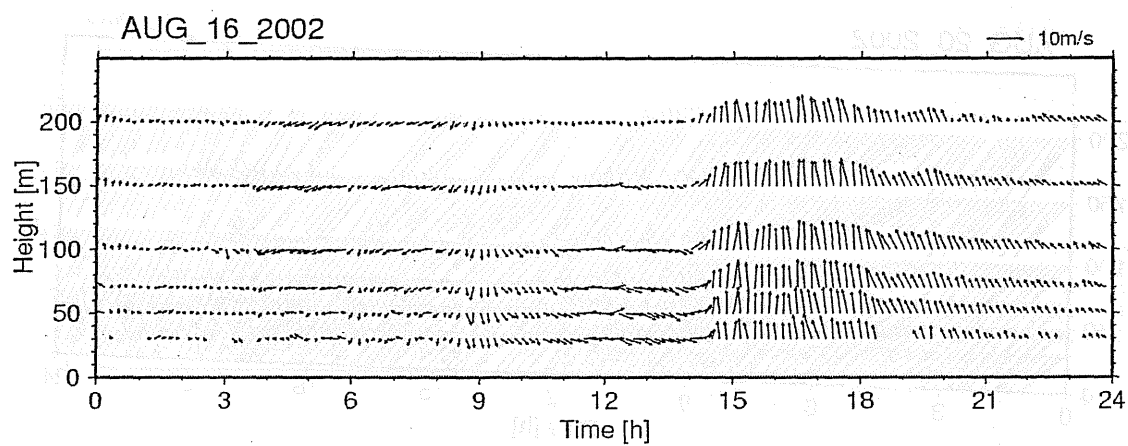
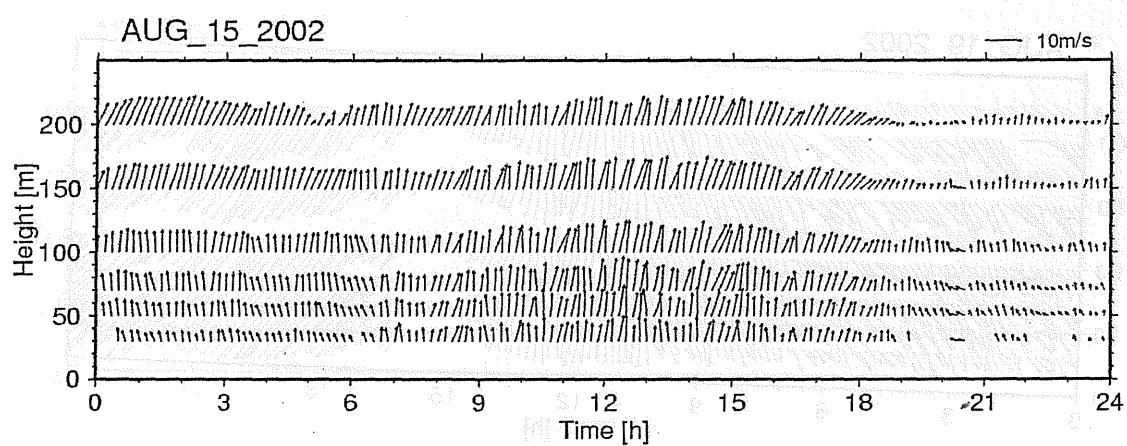
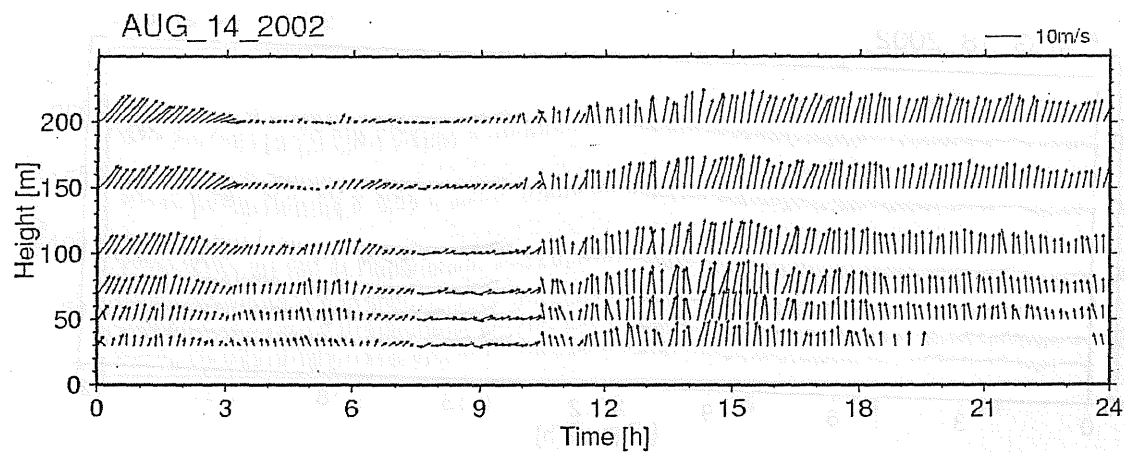


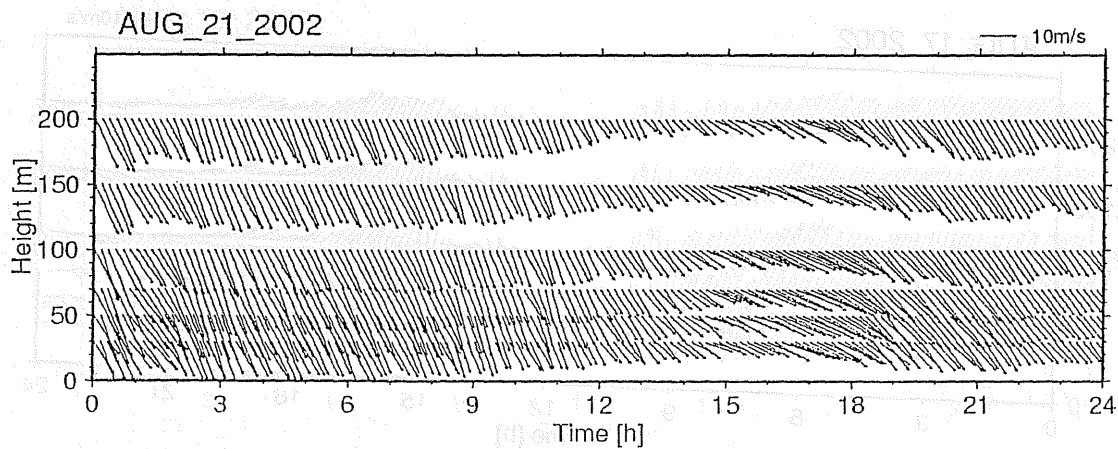
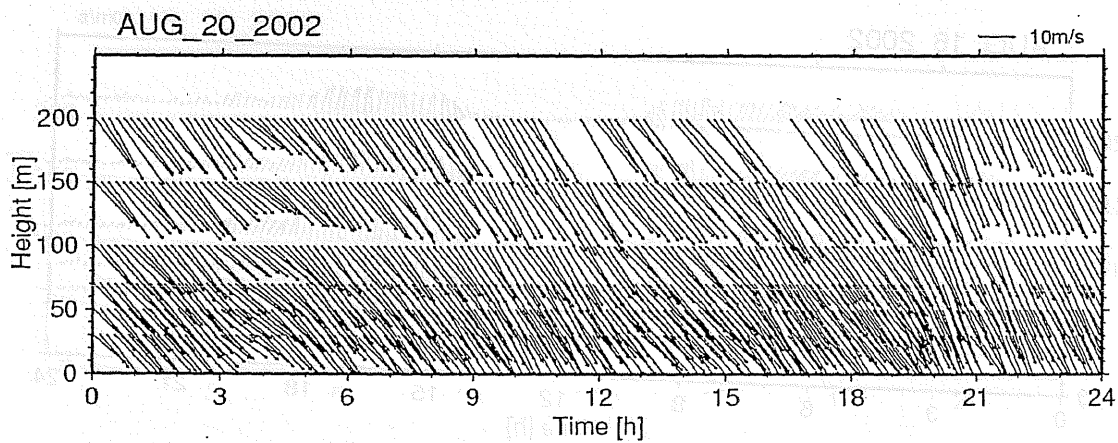
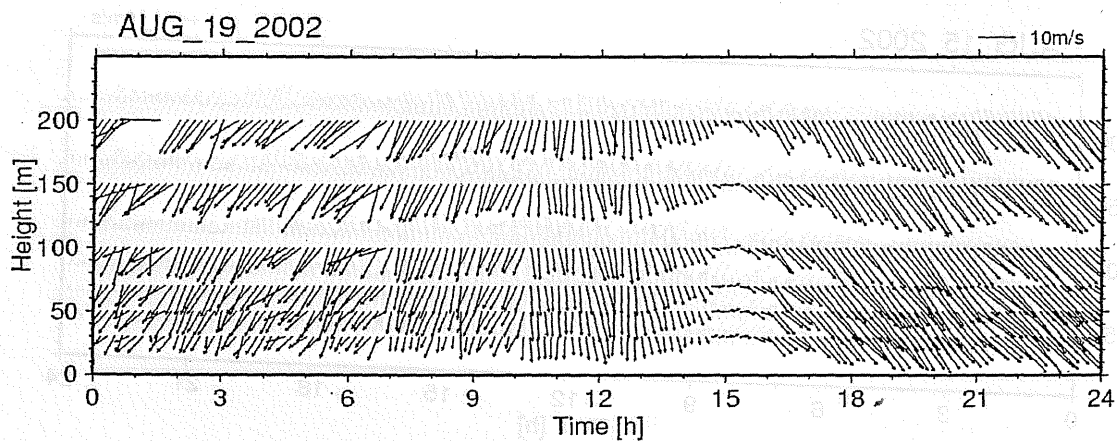
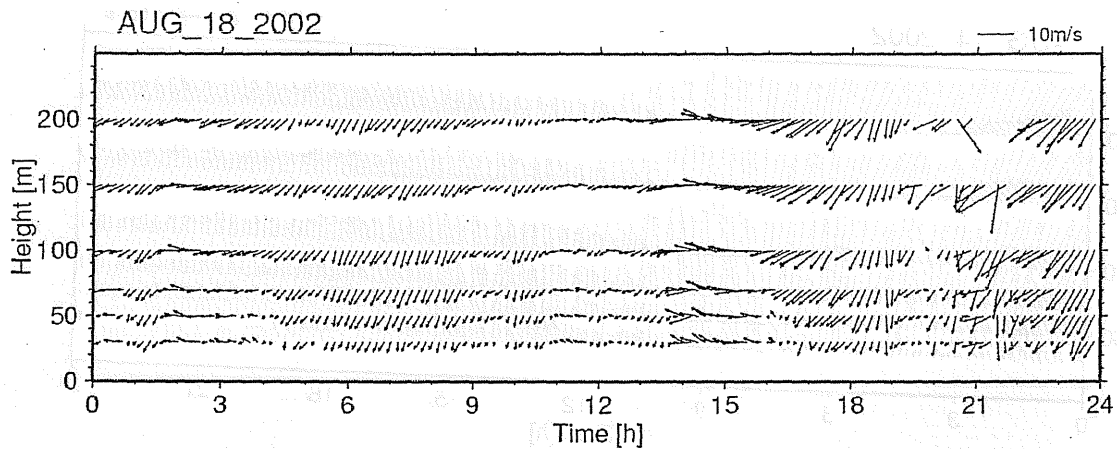


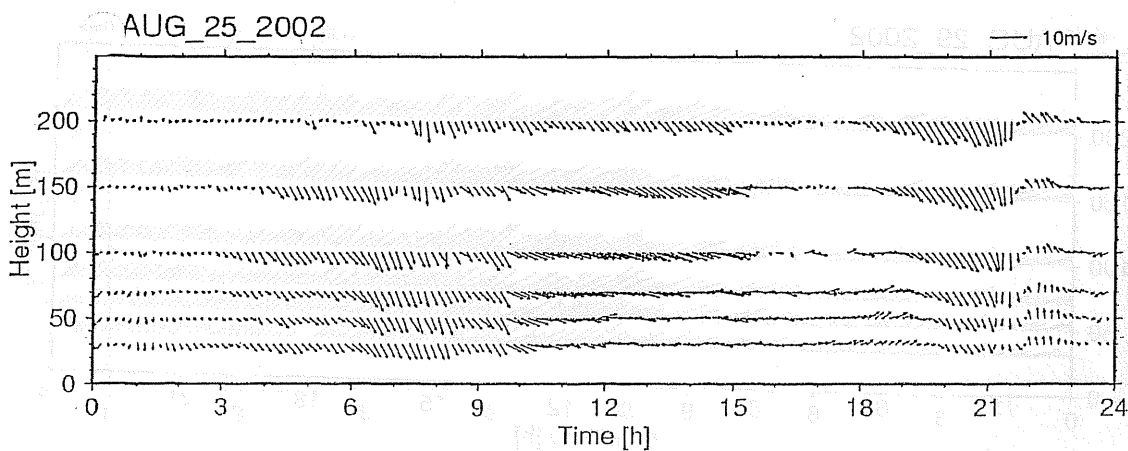
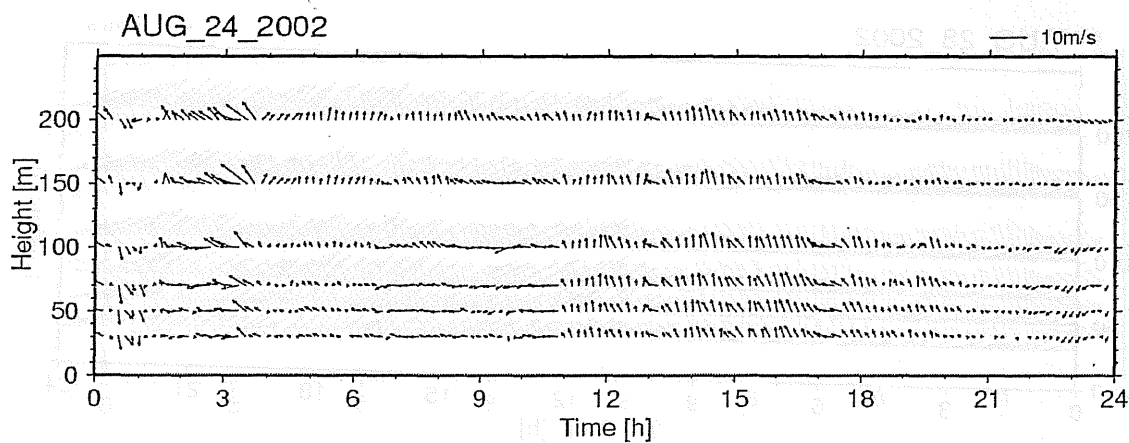
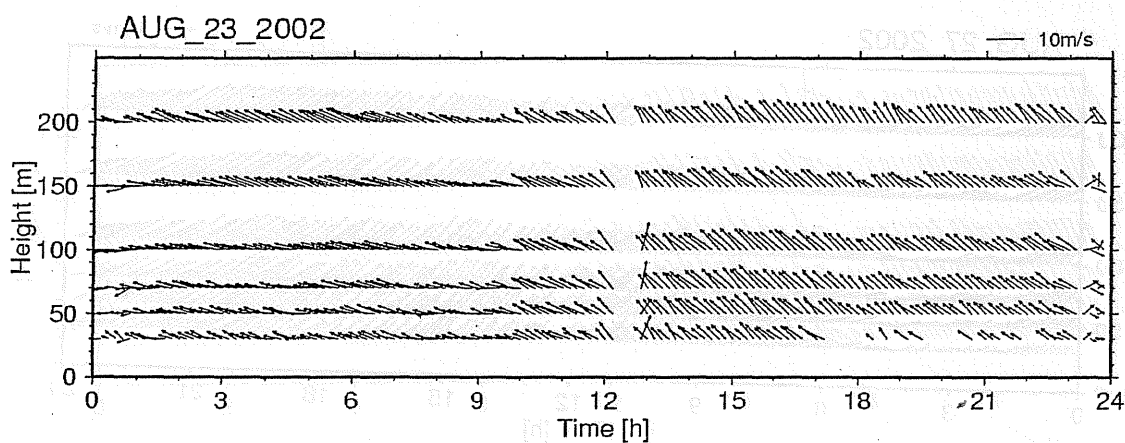
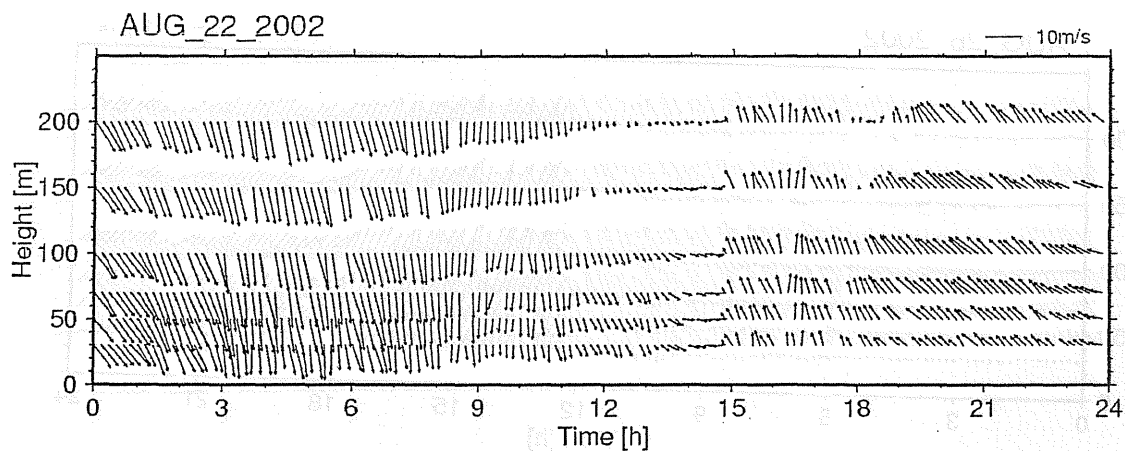




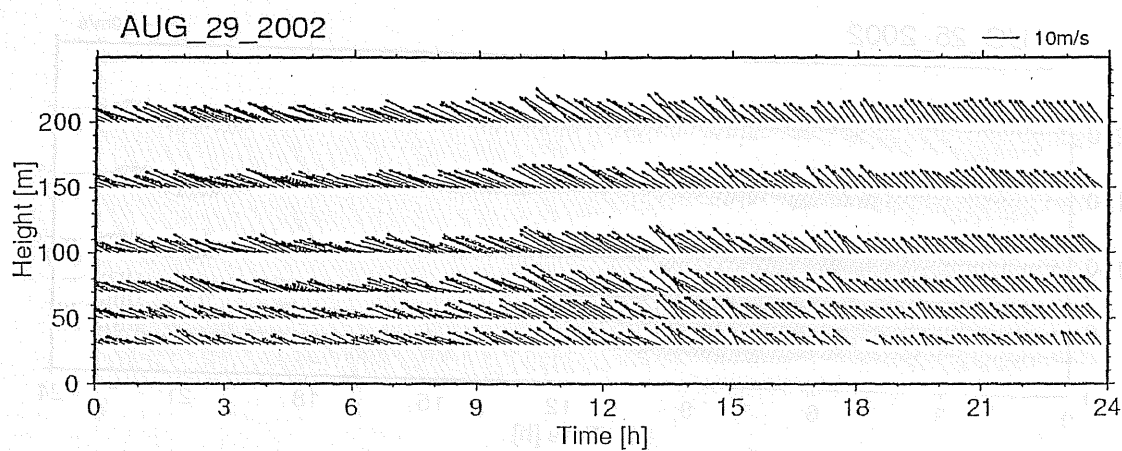
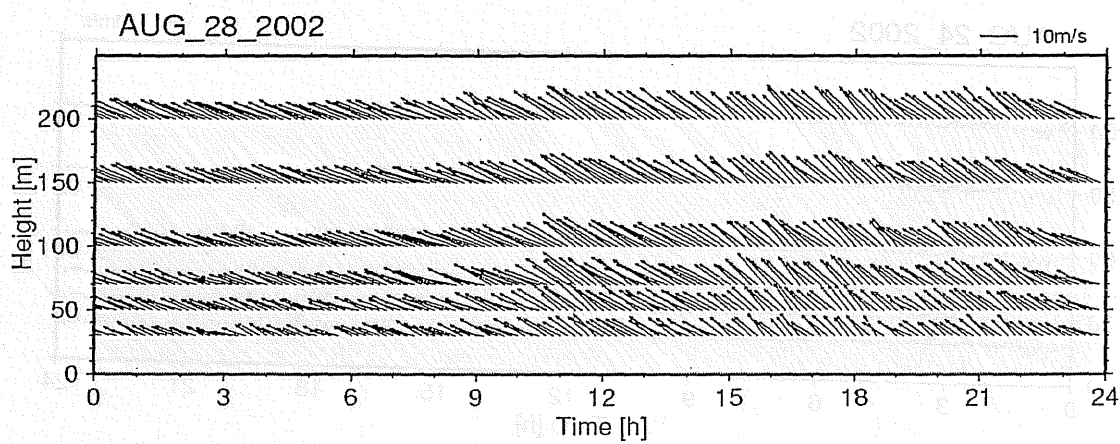
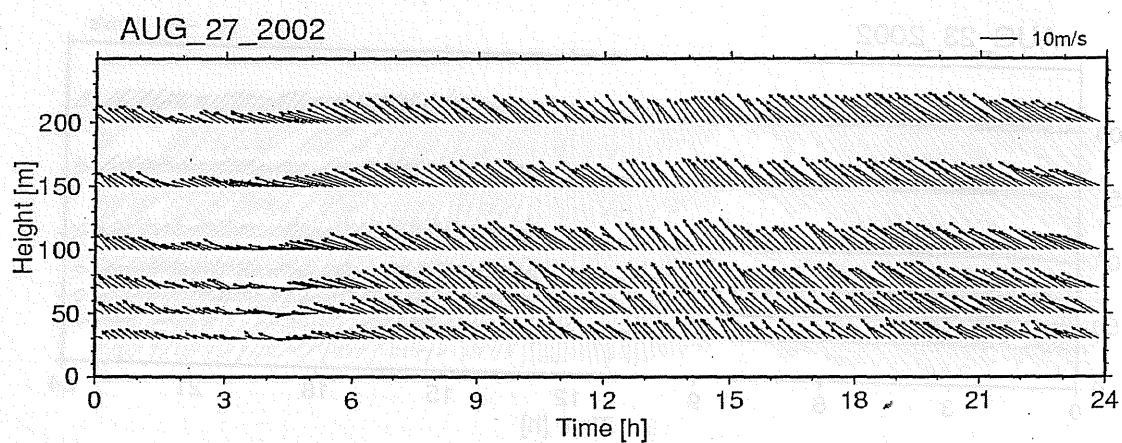
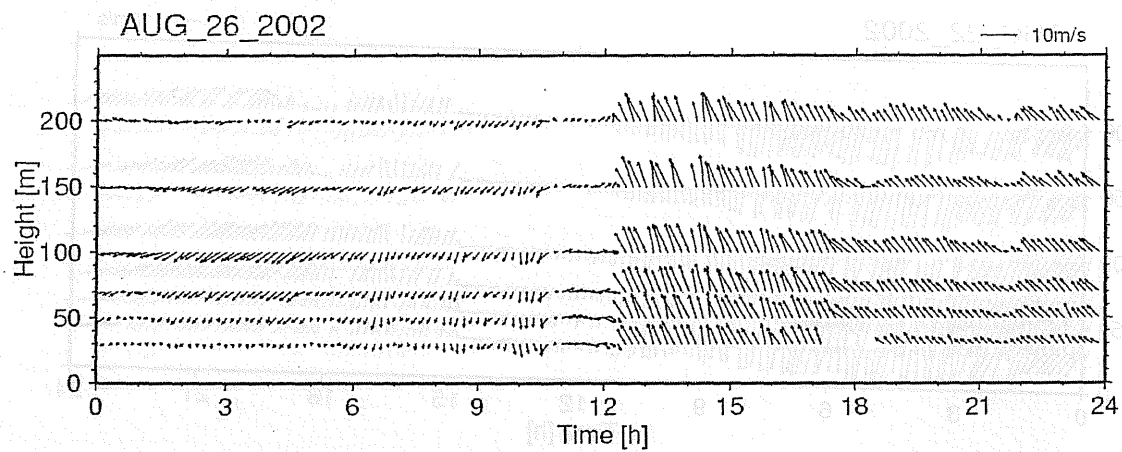


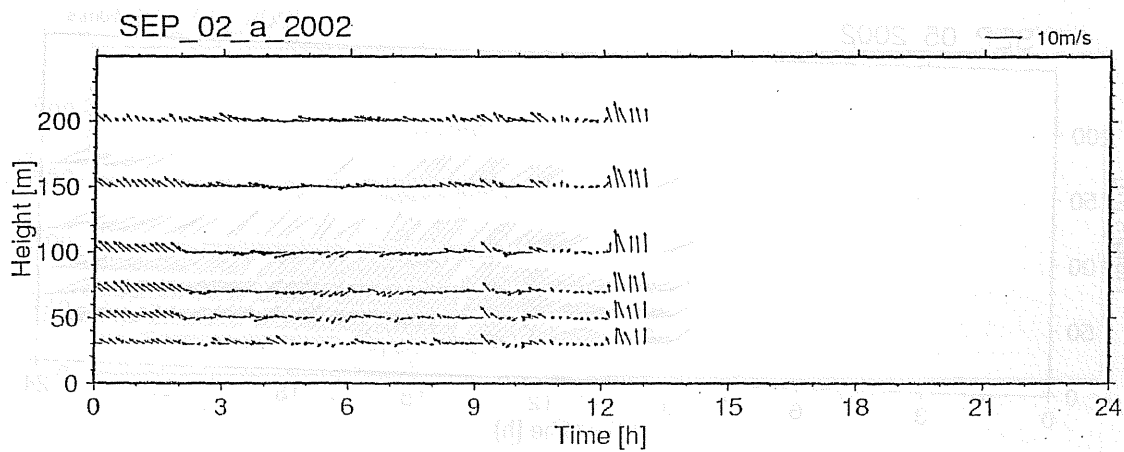
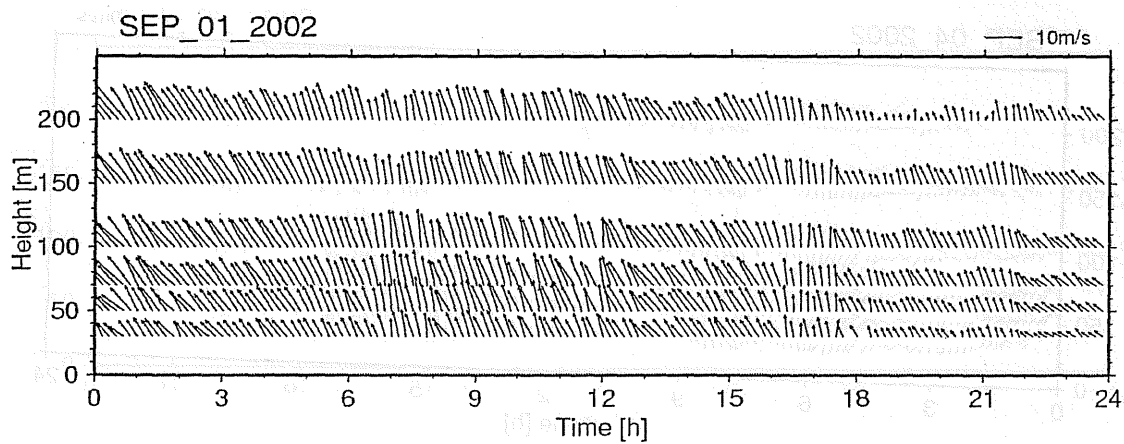
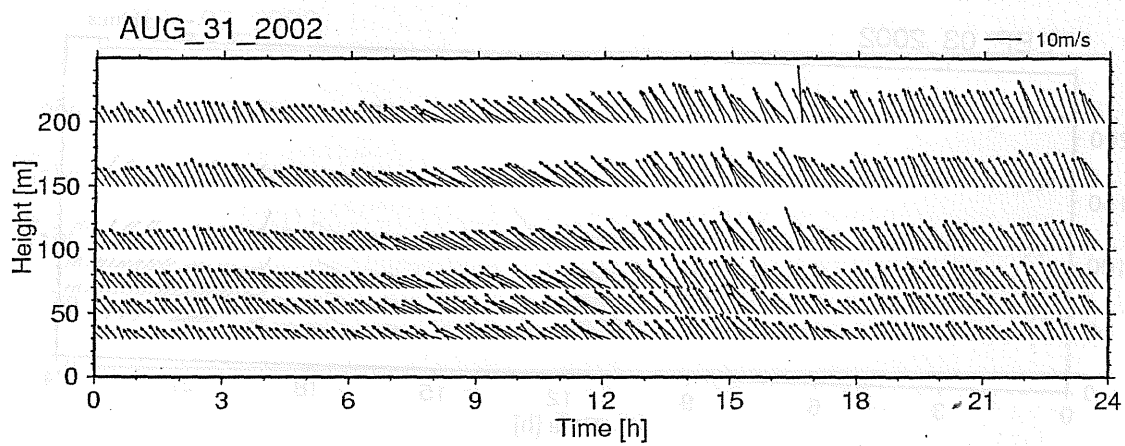
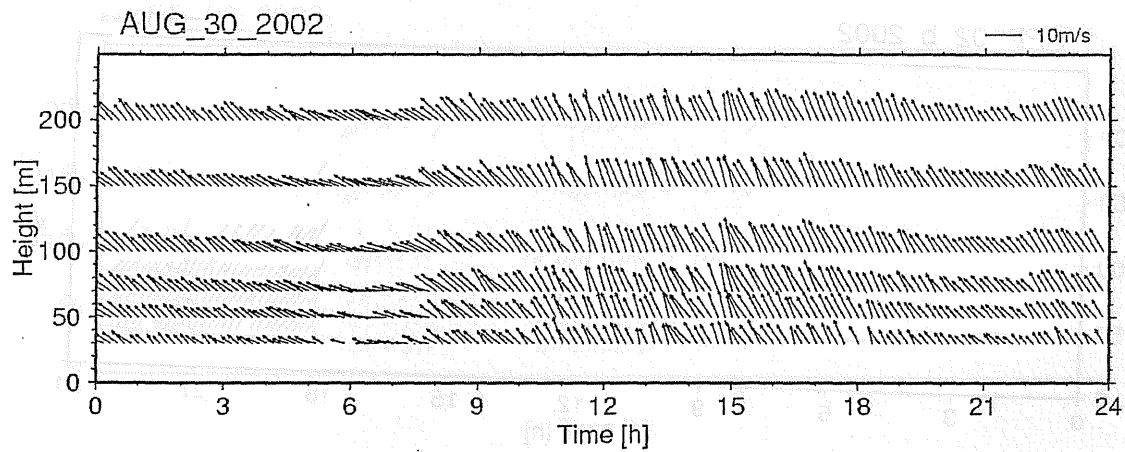


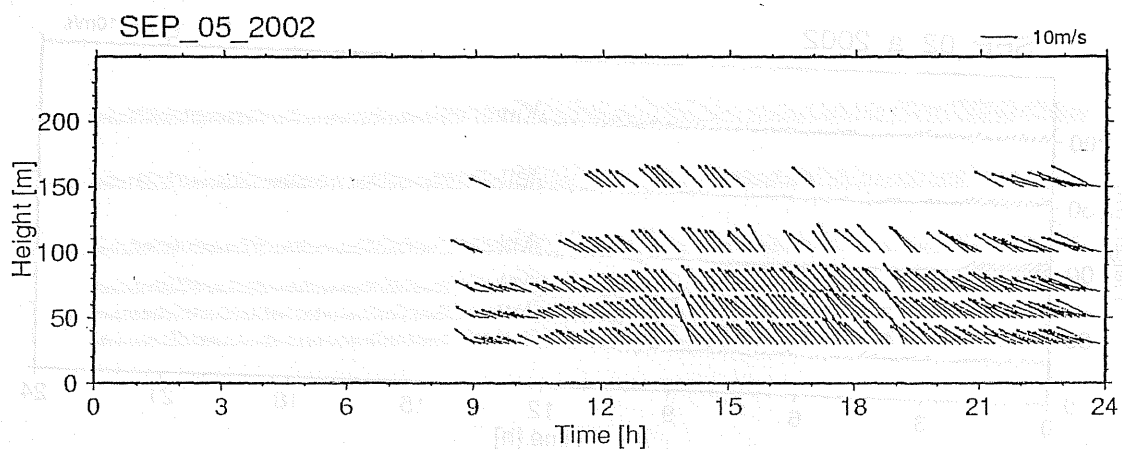
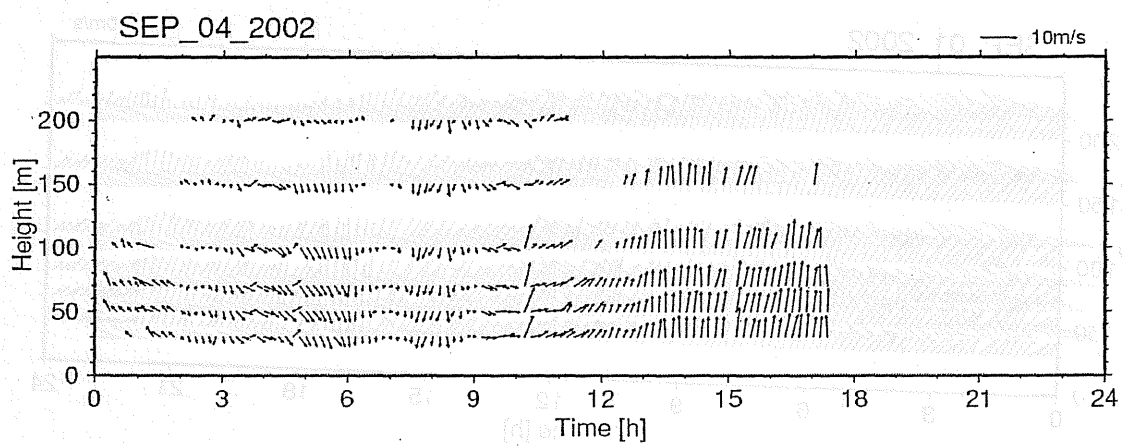
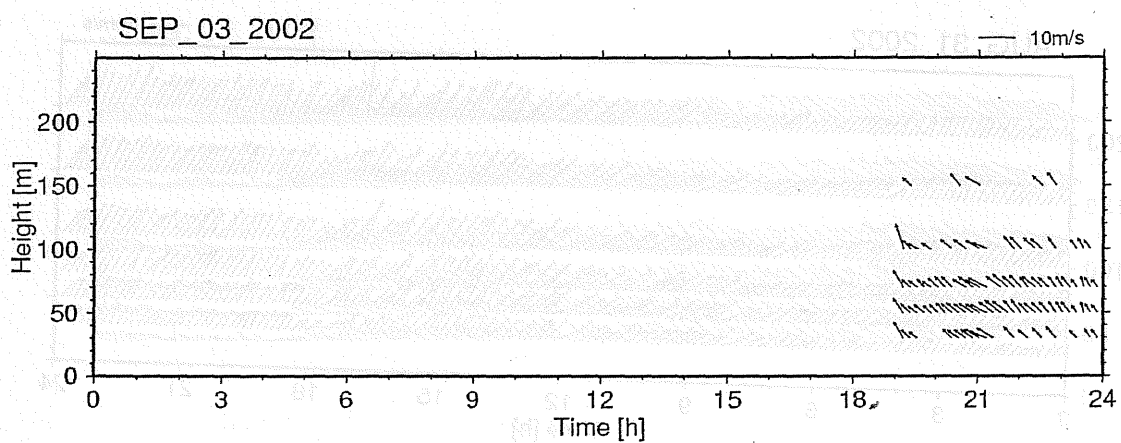
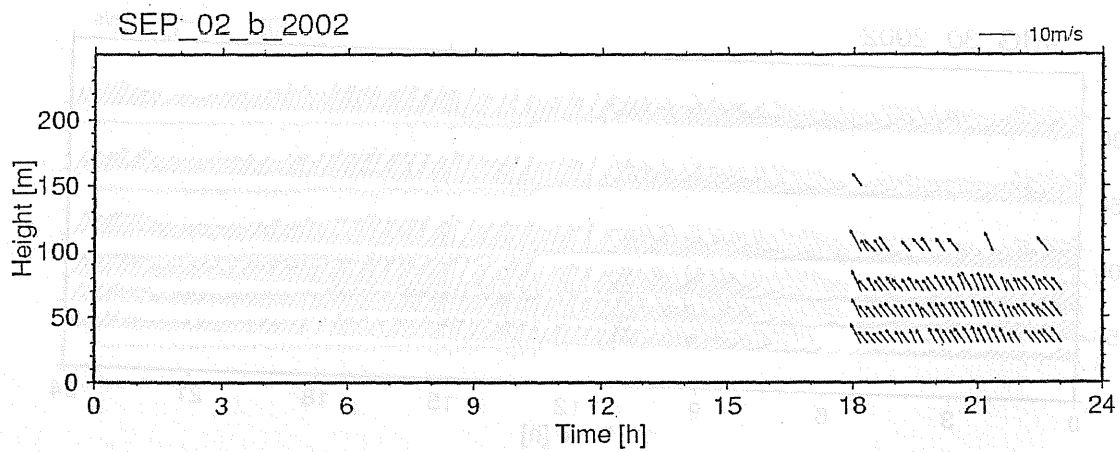




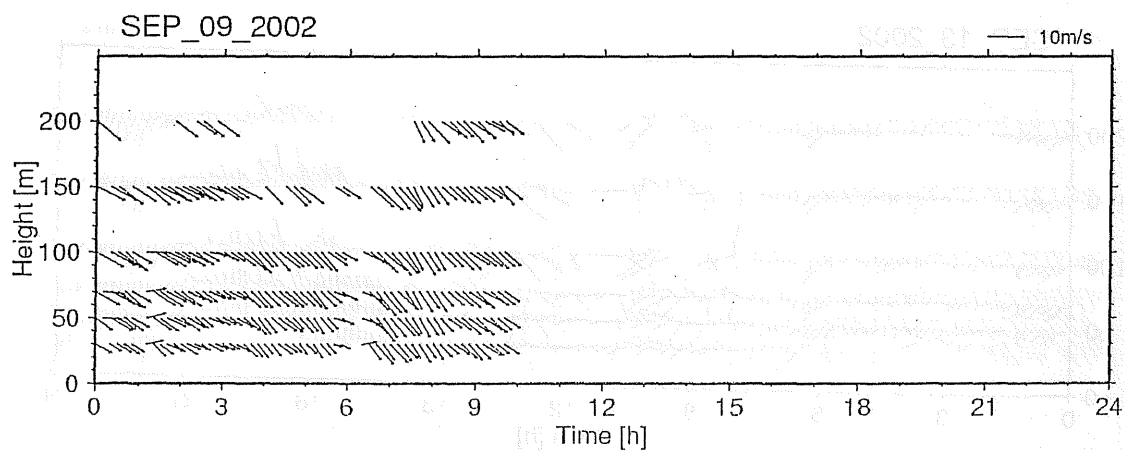
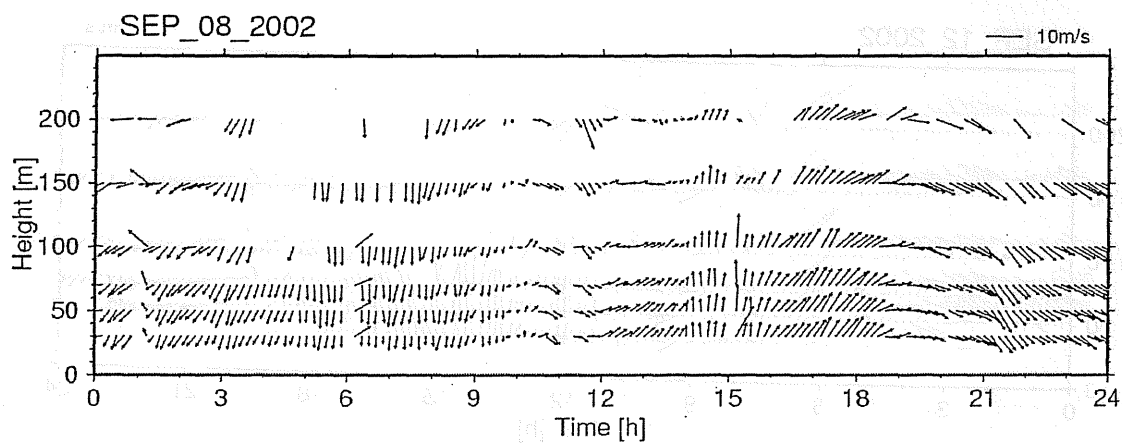
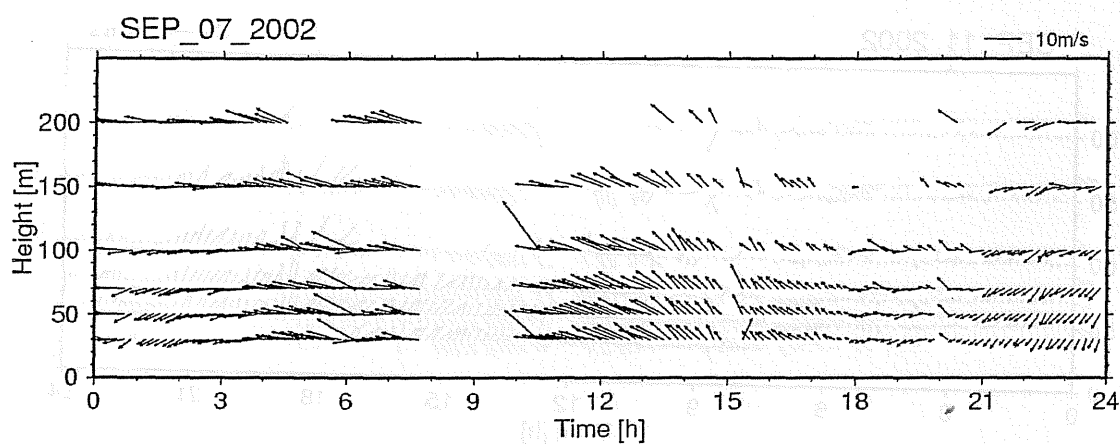
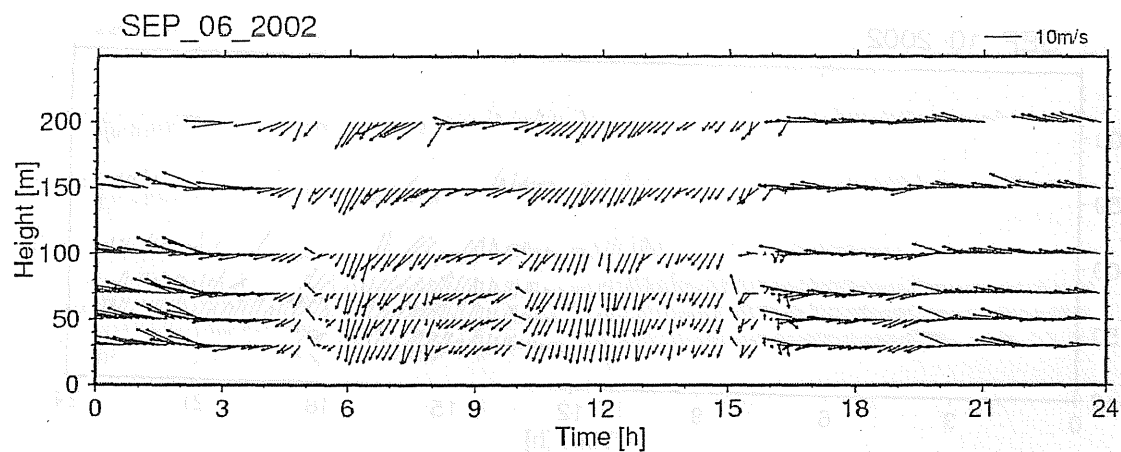


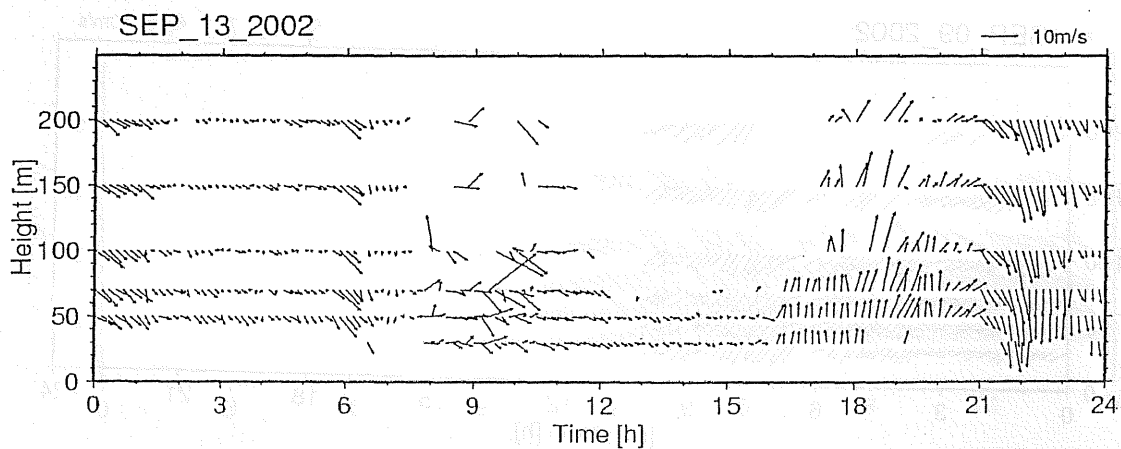
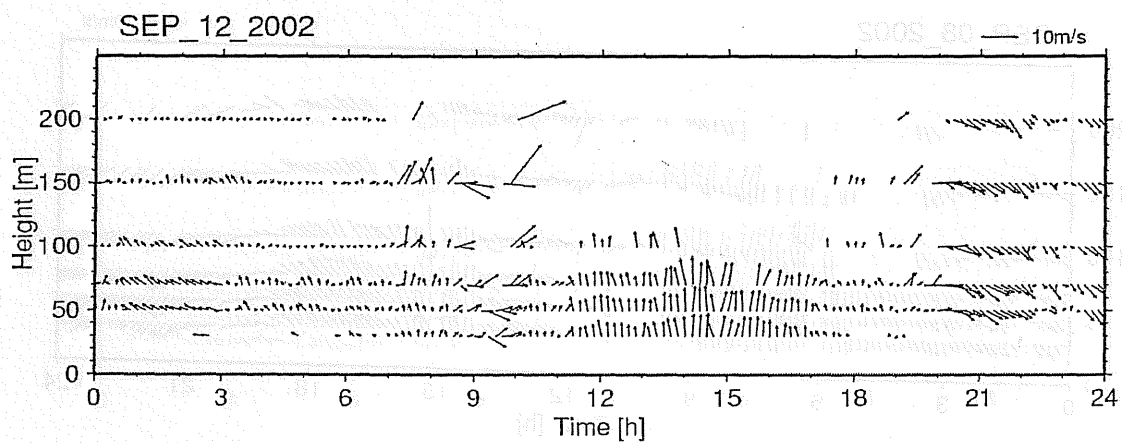
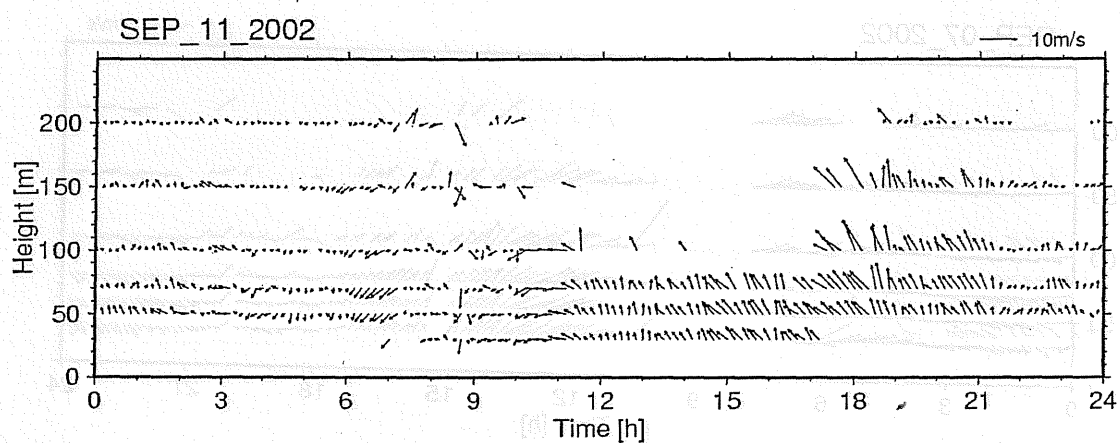
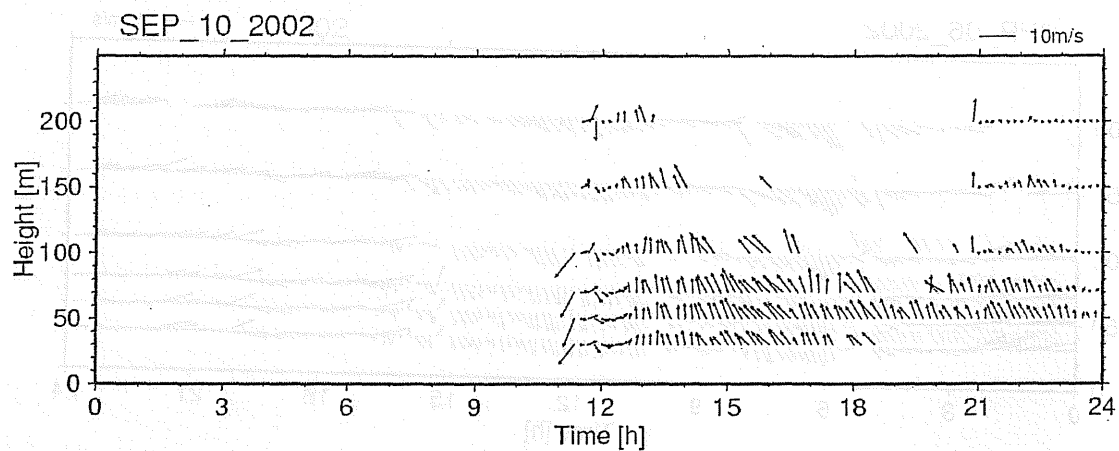




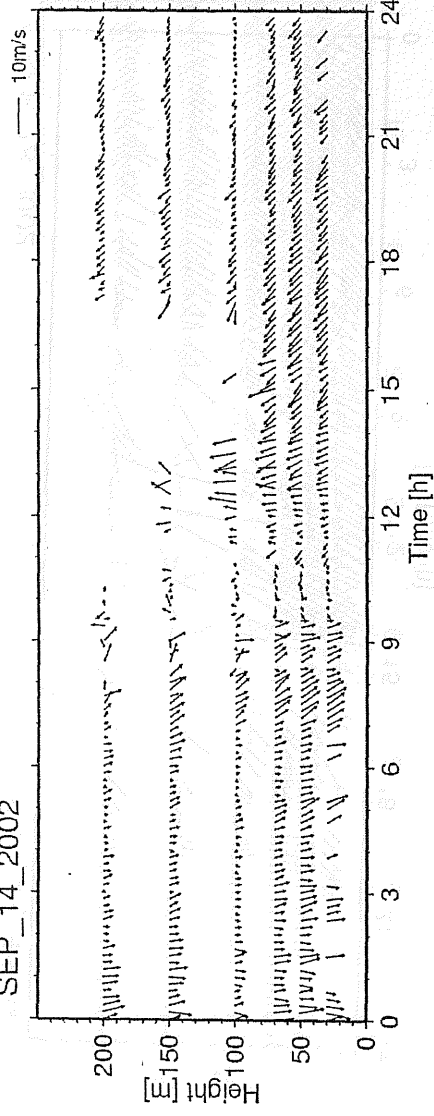




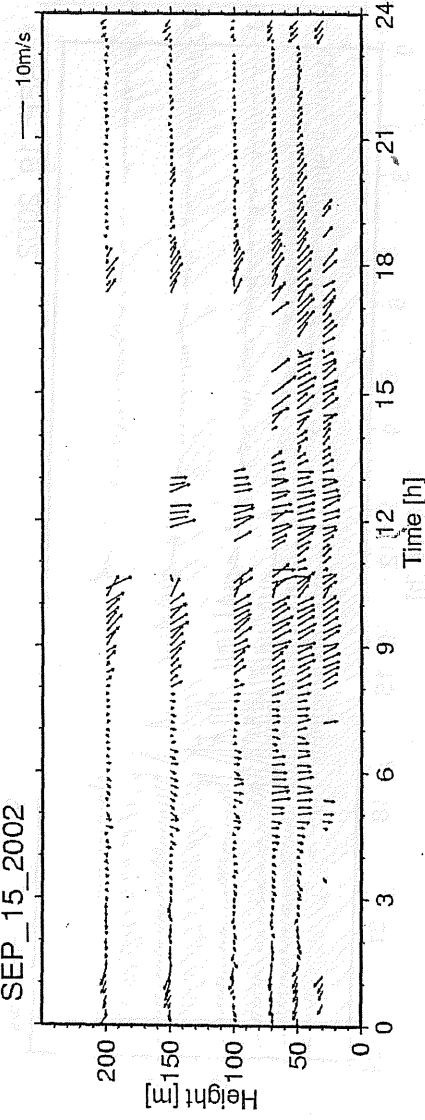




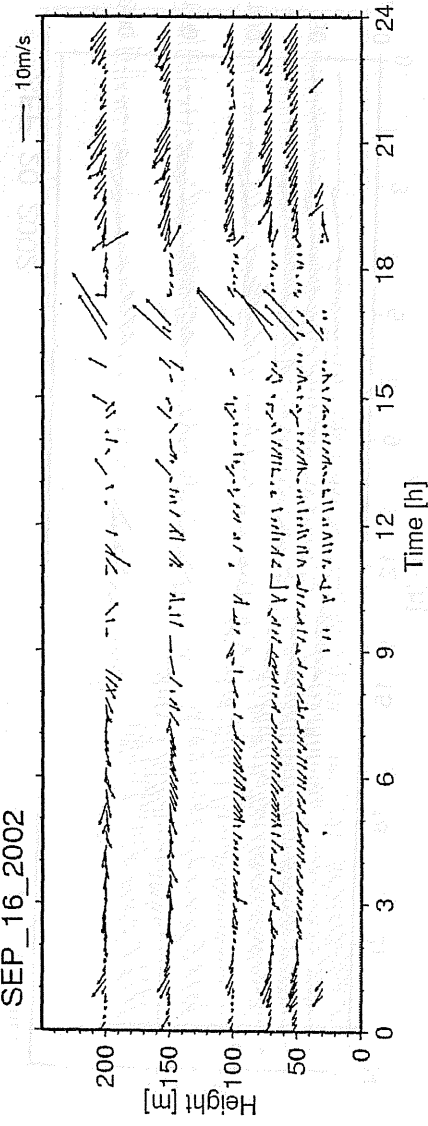
SEP\_14\_2002



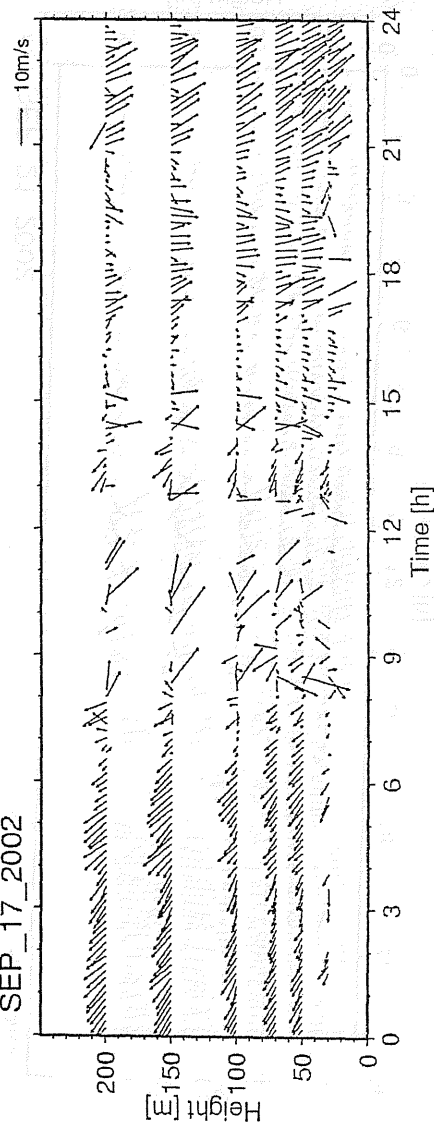
SEP\_15\_2002



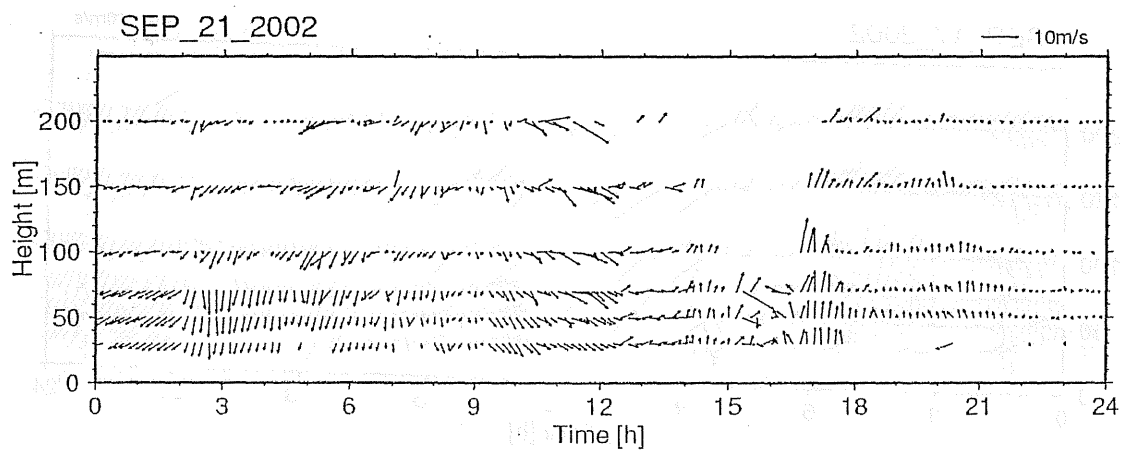
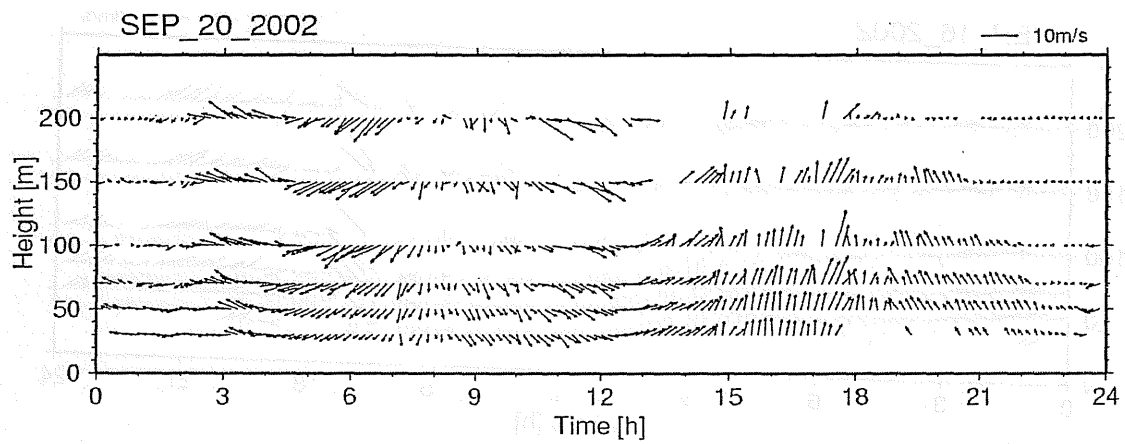
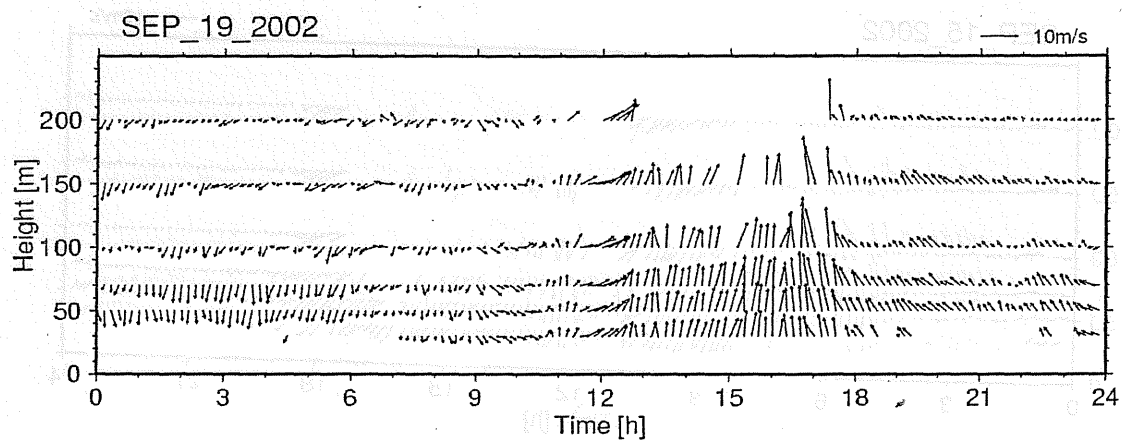
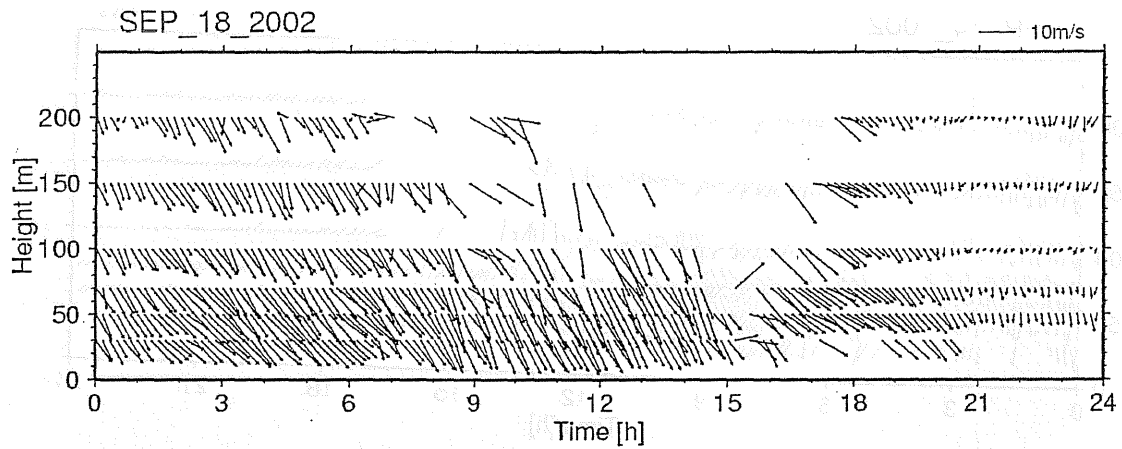
SEP\_16\_2002

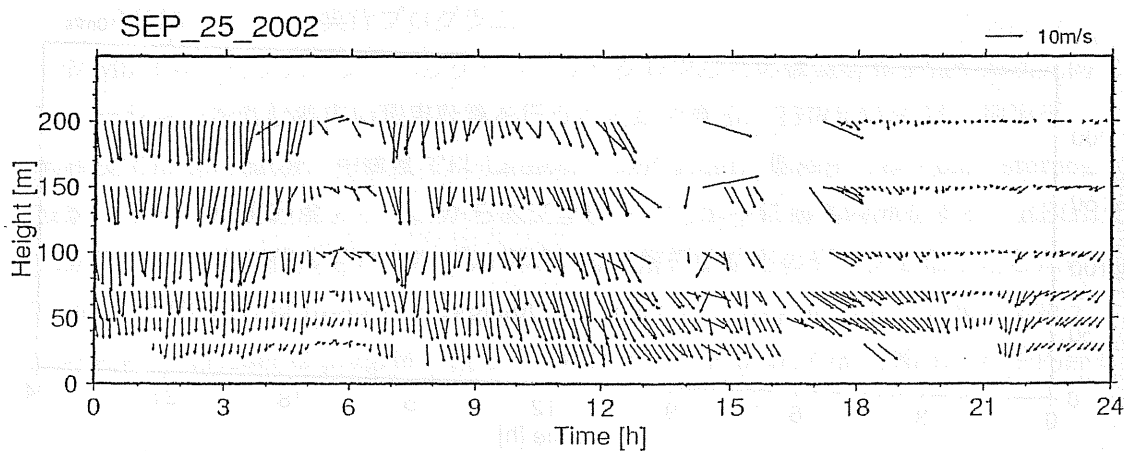
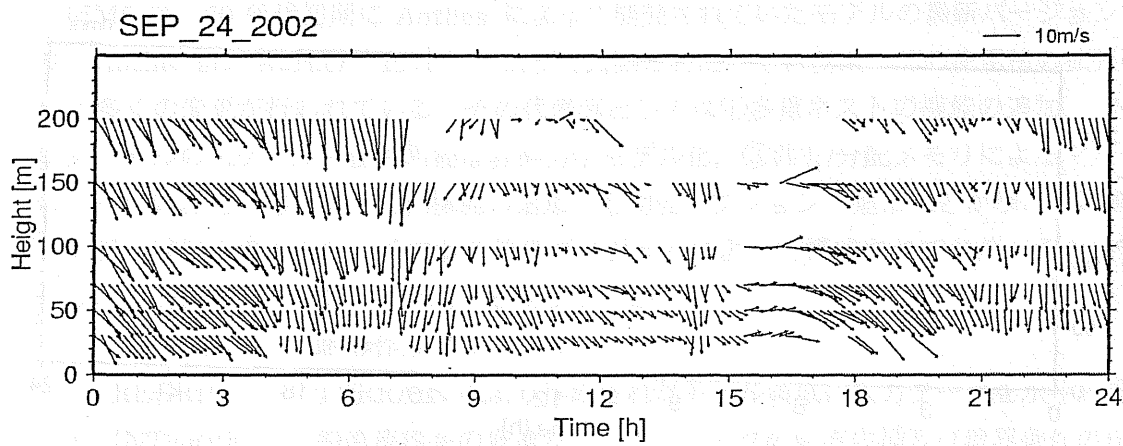
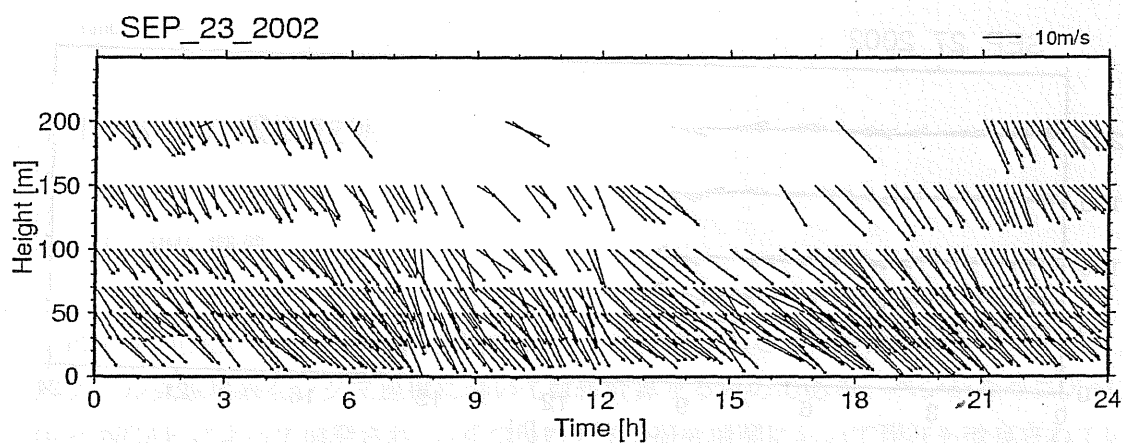
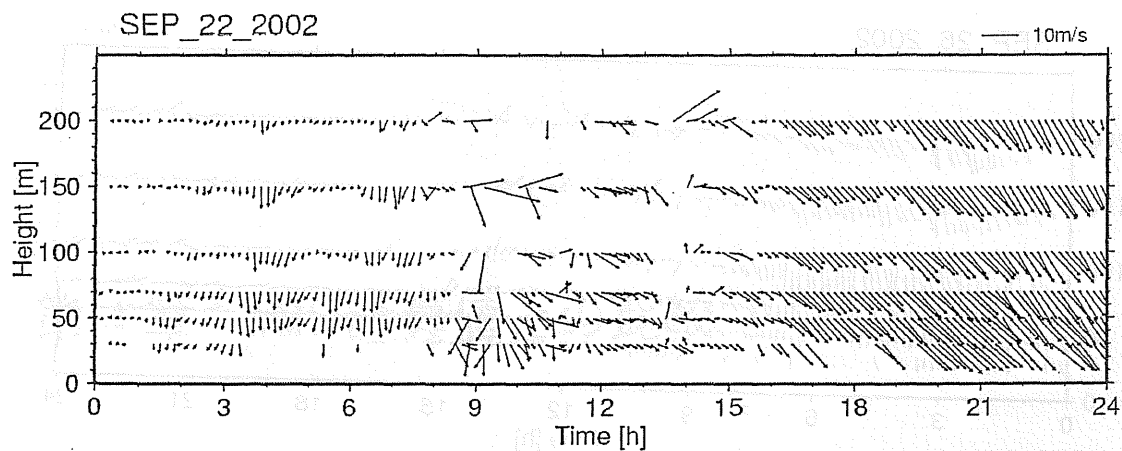


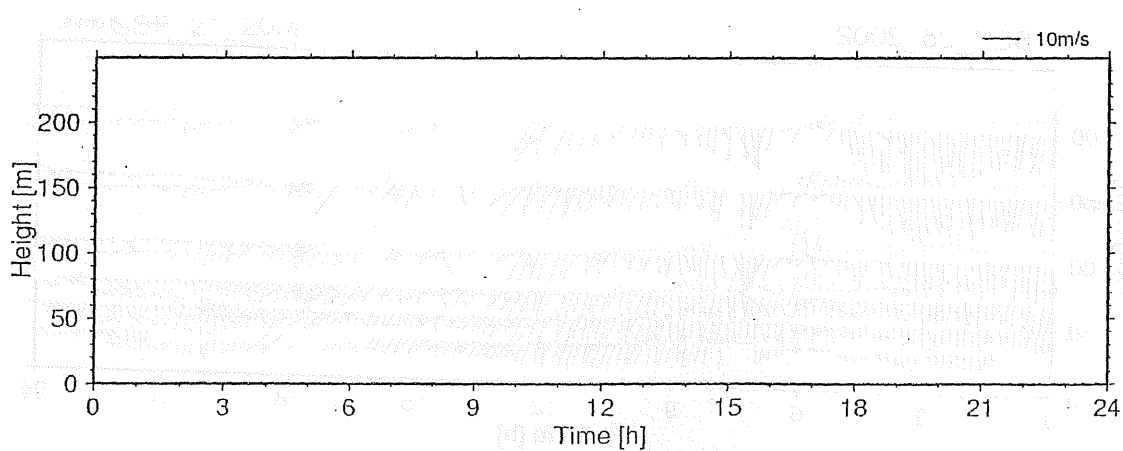
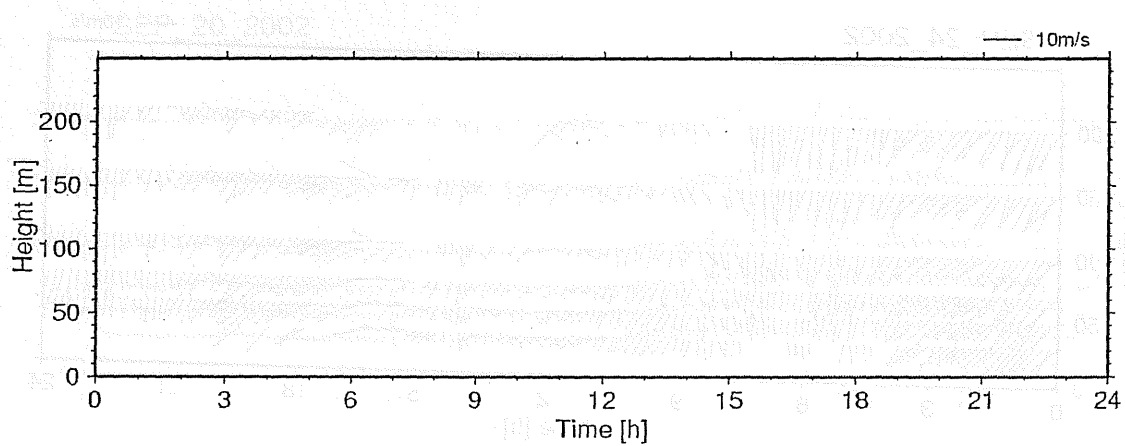
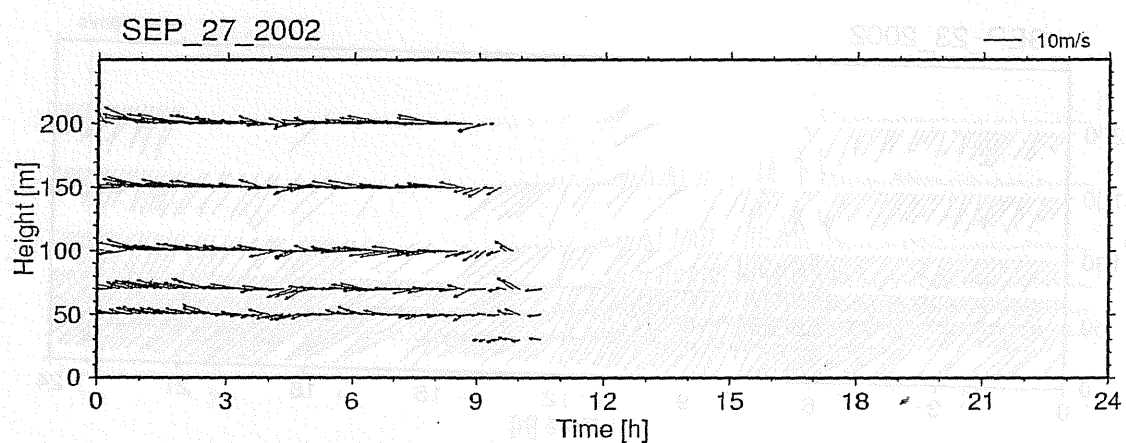
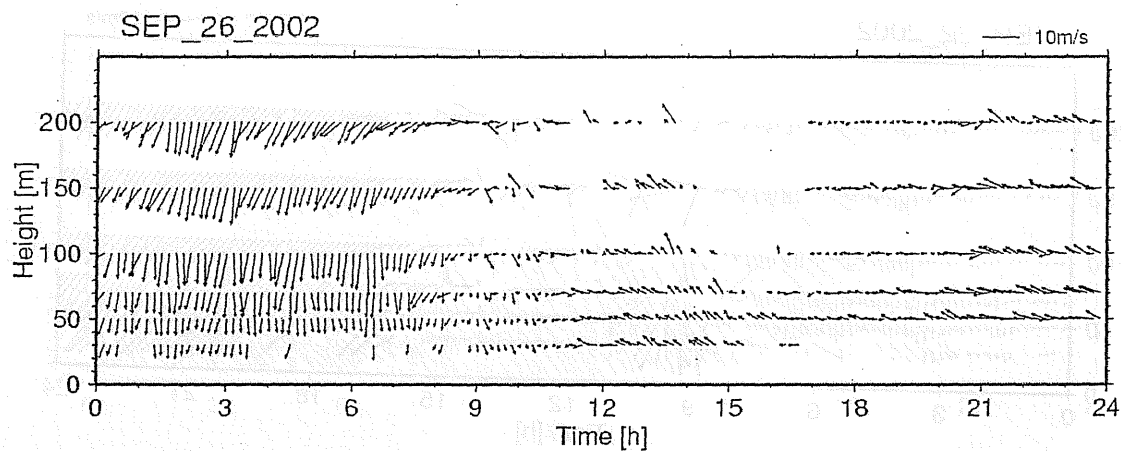
SEP\_17\_2002













## 第4章 MM5 計算値との比較

### 4.1 MM5 の概要説明

#### 4.1.1 MM5 概要

PSU / NCAR mesoscale model(MM5)は、非静力学あるいは静力学の仮定の下で、メソスケール気象現象をシグマ座標において数値計算するものである。ペンシルベニア州立大学と NCAR によって開発され、いくつかの大学や研究機関において現在も改良されている。

MM5 は、70 年代初期に Anthes によって開発されていたモデルの最新バージョンであり、Anthes and Warner (1978) によって公開された。それ以来、その使用法の拡張のために多くの変更が行われている。その代表例としては①多重ネストの機能の追加、②数キロメートルのスケールで使用可能な非静力学モデル化、③共有/分配メモリによるマルチプロセッサ処理化、④四次元同化機能の追加、⑤物理オプションの追加などが挙げられる。

モデルは以下のようないくつかの処理プログラムによって構成されており、その集合体として MM5 モデリングシステムを形成している。

- ・ TERRAIN 地形作成プログラム
- ・ REGRID TERRAIN により作成されたモデル領域に入力データを水平内挿
- ・ INTERPF 鉛直座標系の変換及び、入力データの鉛直内挿及び境界条件の作成
- ・ MM5 実行プログラム

MM5 では、モンスーン、ハリケーン、サイクロンなどの数値計算予報や四次元同化シミュレーションを含む幅広い現実計算を行うことができる。TERRAIN は、地形データを、高緯度では Mercator、中緯度では Lambert conformal、低緯度では Polar stereographic 投影によって緯度経度メッシュから直交座標系へと水平に補間内挿をする。REGRID は TERRAIN により作成されたモデル領域に客観解析値などのデータを取り込むための処理を行う。REGRID は pregrid と regridder に分類され、pregrid はさまざまな気象データを読み込み、regridder は pregrid で読み込まれたデータを MM5 の計算格子に水平内挿する。

INTERPF は圧力レベルから MM5 のシグマ座標へと鉛直内挿を行っている。MM5 は領域モデルであるので、実行させるためには境界条件及び、初期条件を必要とし、計算を行う全期間をカバーする客観解析データが必要となる。

#### 4.1.2 MM5 における座標系について

##### 【鉛直座標】

鉛直座標は、気圧に準拠したシグマ座標を用いている。地面近くのシグマ面は地形に沿い、高度が高くなるほどシグマ面は等圧面に近付く傾向がある(図-4.1.1)。つまり、中間層においては、指定された最上層における圧力に向かって圧力が減少するにつれて次第に平らになる。モデルレベルを定義する無次元量  $\sigma$  は、次のように書ける。

$$\sigma = \frac{P - P_t}{P_s - P_t}$$

ただし、 $P[\text{Pa}]$ は圧力、 $P_t[\text{Pa}]$ は指定された上端の圧力、 $P_s[\text{Pa}]$ は地表面気圧である。

$\sigma$  は上端で 0、下端（接地面）において 1 となり、 $\sigma$  の値によって鉛直レベルを定義している。各レベルの間隔は等間隔である必要はない。一般に境界層内での解像度は上層より細かく設定するのが普通である。レベルの数は可変であり、また原則としてレベル数に限度はない。

##### 【格子構造】

水平格子については、Arakawa B Staggering Grid を採用している。図-4.1.2 でもわかるようにスカラー量 ( $T, q, p', w, \text{etc}$ ) は格子正方形の中心において定義され、速度成分 ( $U, V$ ) はコーナーに配置される。

すべての格子上的変数は、鉛直層の中心、つまりハーフレベルにおいて定義される (図-4.1.1, 破線) が、鉛直速度のみフルレベルで定義される (図-4.1.1, 実線)。

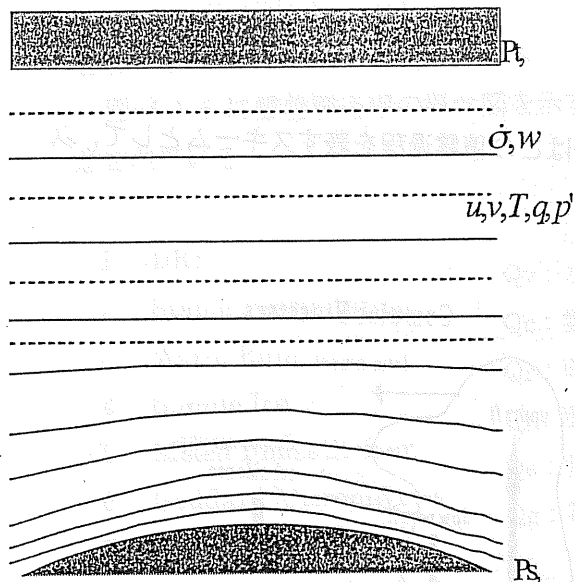


図-4.1.1 モデルの鉛直座標構造

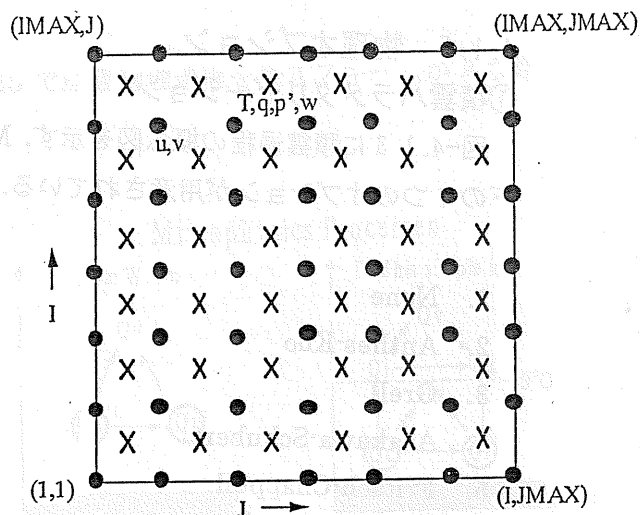


図-4.1.2 水平格子構造  
(Arakawa B Staggering Grid)

#### 4.1.3 側面境界条件

MM5 で計算を行うためには、境界条件が必要となるが、境界値には、より広範囲をカバーする領域モデルからの解析値を用いる。境界値として例えば 12 時間解析値を使用した場合でも、より高い時間解像度の計算値を MM5 によって作り出せる。解析においてモデルの側面境界から、内側に向かって 4 つのグリッドにおいてモデルは解析値に近づくように滑らかにナッジングを行う。このナッジングの強さは境界線から線形的に減少する。

#### 4.1.4 4 次元同化

ある特定時間間隔で、モデルが真の状態に近けることを 4 次元同化(FDDA)という。四次元同化は、“nudge”と呼ばれる観測値もしくは解析値に近づく外部強制項をモデル内に組み込むこと、つまり力学的同化のことである。nudging は比較的単純な手法ではあるが、とても柔軟な技術であるといえる。例えば、nudging に対して使われるデータは、モデルに同化するために格子点で計算されたデータ、解析されたデータ、あるいは個々の観測値を組み込んだデータなど、あらゆる種類のものが利用できる。同化された観測値の格子点解析値は、修正法(successive correction method)、変動法(variational method)、最適内挿法(statical optimal interpolation method)により得ることができる。そして、個々の観測値を nudging する時に用いられる荷重は、単純に Cressman (距離荷重法) 関数か、または最適内挿法にもとづいたより複雑な統計関数が用いられる。



#### 4.1.5 物理オプション

##### ①積雲パラメタリゼーション

図-4.1.3 に積雲過程の概念図を示す。MM5 ではこの積雲過程を表すスキームとして、以下の7つのオプションが用意されている。

1. None
2. Anthes-Kuo
3. Grell
4. Arakawa-Schubert
5. Fritsch-Chappell
6. Kain-Fritsch
7. Betts-Miller

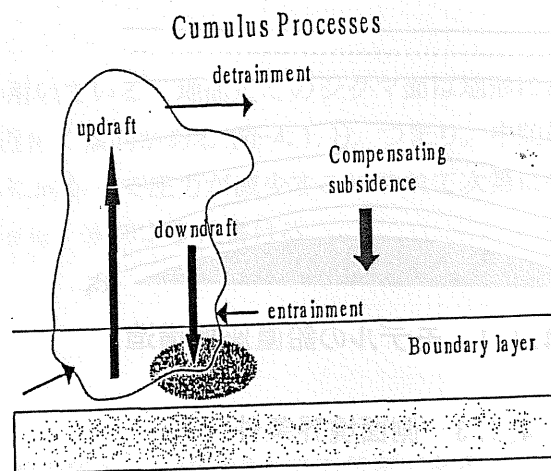


図-4.1.3 積雲過程

##### ②大気境界層スキーム

図-4.1.4 に大気境界層過程の概念図を示す。MM5 ではこの大気境界層過程を表すスキームとして、以下の7つのオプションが用意されている。

1. None
2. bulk PBL
3. High-resolution Blackadar PBL
4. Burk-Thompson PBL
5. Eta PBL
6. MRF PBL
7. Gayno-Seaman PBL

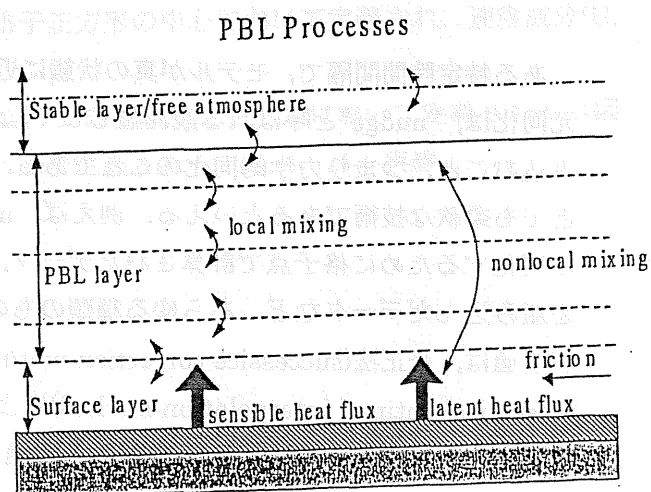


図 4.1.4 大気境界層過程

### ③雲物理スキーム

図-4.1.5 に雲物理過程の概念図を示す。MM5 では雲物理過程を表すスキームが 8 つ用意されている。

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| 1. DRY                  | $Q_v$ : 水蒸気 |
| 2. Stable Precipitation | $Q_c$ : 雲水  |
| 3. Warm Rain            | $Q_r$ : 雨水  |
| 4. Simple Ice           | $Q_i$ : 氷晶  |
| 5. Mixed Phase(Reiser)  | $Q_s$ : 雪   |
| 6. Goddard Microphysics | $Q_g$ : 雹   |
| 7. Reiser Glaupel       |             |
| 8. Schultz microphysics |             |

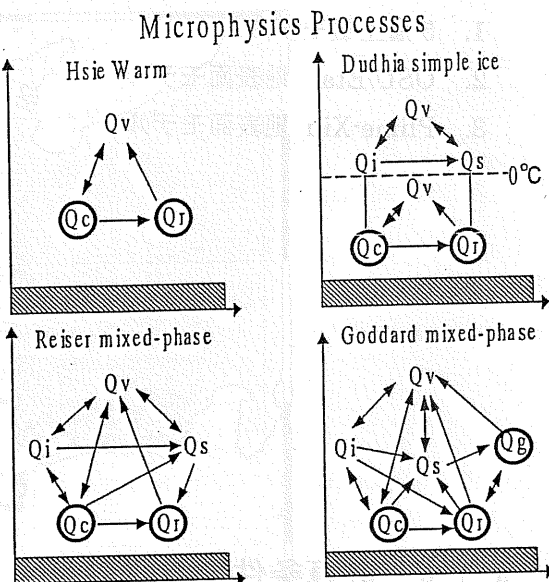


図-4.1.5 雲物理過程

### ④放射過程

図-4.1.6 に放射過程の概念図を示す。MM5 では放射過程を表すスキームとして、以下の 4 つのオプションが用意されている。

1. Simple cooling
2. Cloud-radiation
3. CCM2 radiation
4. RRTM radiation

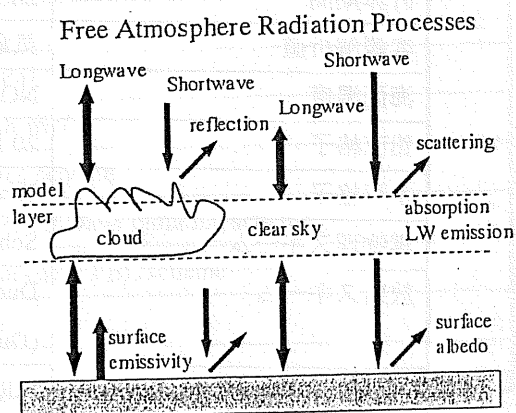


図-4.1.6 放射過程

## ⑤地表面過程

図-4.1.7 に地表面過程の概念図を示す. MM5 では地表面過程を表すスキームとして, 以下の3つのオプションが用意されている.

1. 5層土壌モデル
2. OSU/Eta 地表面モデル
3. Plime-Xiu 地表面モデル

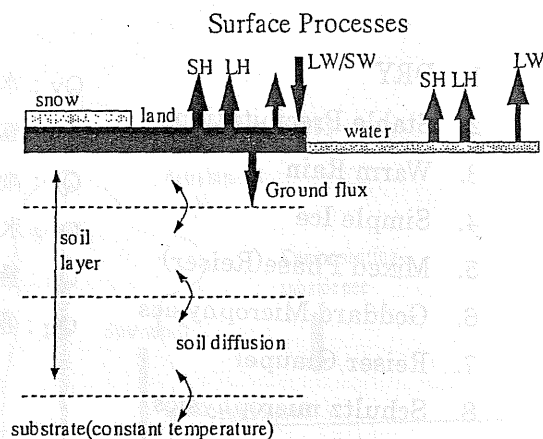


図-4.1.7 地表面過程

## 4.1.6 計算条件

本研究でドップラーソーダの観測データと比較する MM5 の計算条件を以下に示す. 初めに 3km 格子にて計算を行い, さらにこの計算結果をネストダウンして 1km 格子にて計算する. 3km 格子の計算条件を表-4.1.1, 計算領域を図-4.1.8, また 1km 格子の計算条件を表-4.1.2, 計算領域を図-4.1.9 に示す.

表-4.1.1 計算条件(3km)

計算期間	2002 年 7 月 1 日～2002 年 7 月 15 日
客観解析値	気象庁メソ客観解析値 (6 時間間隔, 10km 格子, 20 層)
海面温度	NOAA-Reynolds SST (1 週間間隔, 1° 格子)
鉛直格子	20 層(地表～100hPa)
水平格子	3km 格子領域, 161×152 格子
雲物理スキーム	Schultz microphysics scheme (Schultz, 1995)
放射スキーム	Dudhia's long-and short-wave radiation scheme (Dudhia, 1989)
大気境界層スキーム	MRF PBL scheme (Hong and Pan, 1996)
地表面スキーム	5-layer soil scheme (Dudhia, 1996)
積雲パラメタリゼーション	なし



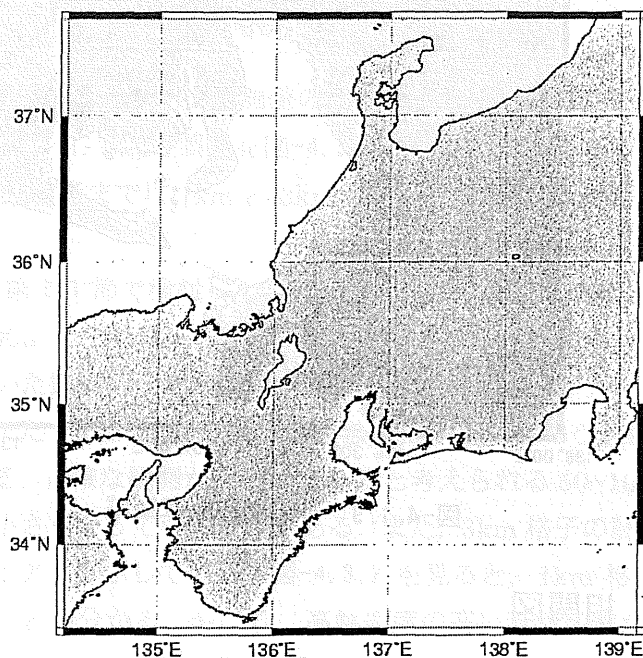


図-4.1.8 3km 格子計算領域

表-4.1.2 計算条件(1km)

側面境界値	3km 格子領域の計算結果をネスト(1 時間間隔)
海面温度	NOAA-Reynolds SST (1 週間間隔, 1° 格子)
4 次元同化	なし
鉛直格子	20 層(地表~100hPa)
水平格子	1km 格子, 118×118 格子
雲物理スキーム	Schultz microphysics scheme
放射スキーム	Dudhia's long-and short-wave radiation scheme
大気境界層スキーム	High-resolution Blackadar PBL scheme
地表面スキーム	5-layer soil scheme
積雲パラメタリゼーション	なし

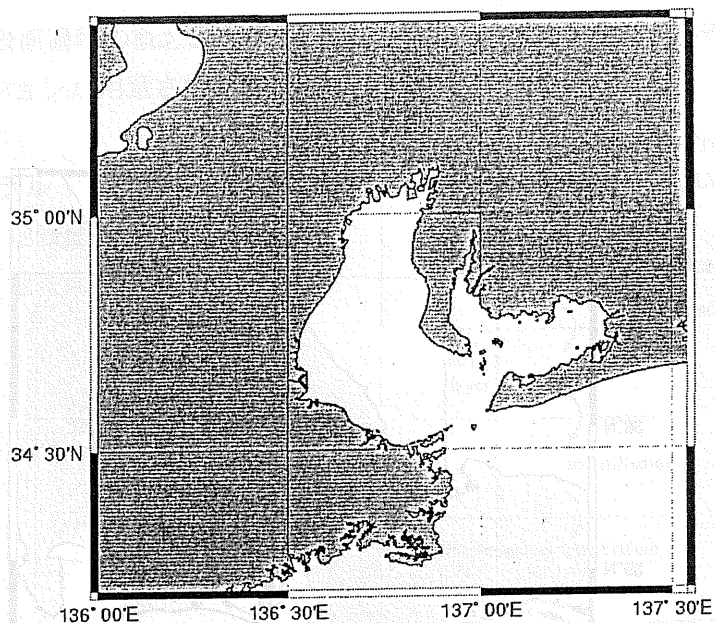


図-4.1.9 1km 格子計算領域

## 4.2 時系列, 相関図

ドップラーソーダと MM5(1km)の風速を比較した時系列グラフを図-4.2.1, 相関図を図-4.2.2 に, 風向を比較した時系列を図-4.2.3, 図-4.2.4 にそれぞれ示す.

図-4.2.1 から, MM5 の算出した風速値がドップラーソーダの観測値に近い値であることが分かる. 9 日や 11 日などは非常に細かな変化まで再現できている. しかし逆に, 8 日や 13 日のように, 辺りの傾向からまったく外れて観測値を大きく上まわっているところもある. 全体的には, 変化のピーク時の風速値にはさほど違いがないが, 平均的に計算値の方が高い値を示している. 高度 200m の値は, ドップラーソーダ観測自体の精度に問題があるので, 大きな差が現れてしまっている. 図-4.2.2 からは, 観測値と計算値に比較的きれいな相関関係があることが分かる. 特に, 高度 100m や 150m では強い相関性が見られる. しかし, やはり MM5 計算値が観測値よりも過大な傾向が見てとれる.

また図-4.2.3 から, MM5 の算出した風向も観測値に近いことが分かる. 風向が小さい変化の時は近い値を算出できているが, 3 日から 4 日, 13 日などに見られる短時間で急な変化が起こったときには, 観測値との誤差が大きくなってしまう. 高度ごとに比較してみると, MM5 では各高度にほぼ同じような変化の傾向が見られるが, 観測値には違った傾向を示すときがある. 図-4.2.4 から同様に相関性が分かる. しかし, 風速の相関のように大きく外れた値が少ないわけではなく, まったく逆方向の風向の時もある. また風向が  $160^{\circ}$  と  $320^{\circ}$  付近に集まっているが, これは, 南南東や北北西などからの特定の方角からの風が

卓越していることを意味している。高度別に比較すると、低高度になるに従って MM5 計算値に過大評価傾向が見られる。すなわち観測風向に対して右回りにずれている。

### 4.3 バイアス, RMS 誤差, 相関, 平均鉛直分布

MM5 計算風とドップラーソーダ観測値の比較をより明瞭に行うために、2つの風速データのバイアスを図-4.3.1, RMS 誤差を図-4.3.2, 相関を図-4.3.3, 平均風速鉛直分布を図-4.3.4に示す。また参考までに 1km と 3km の2つの解像度による MM5 の計算値を同時に比較する。

図-4.3.1 では、第 3.1 節で検討したように、比較的正確な観測値であると考えられる高度 50m, 70m, 100m とそれ以外の高度 30m, 150m, 200m には違った傾向が見られる。これは、比較に用いた観測データの観測誤差に起因するところが多い。つまり高度 30m は地表に近すぎ、また 150m, 200m は十分音波が届かないという理由で正確な観測が行えていないと思われる。正確な観測が行われていると考えられる 50~100m には、高高度になるほどバイアスが小さくなっていく傾向がある。また、3km 格子の計算より 1km 格子の計算の方が小さなバイアスを示している。図-4.3.2 を見ると、1km 格子の計算の方が RMS 誤差が小さくなることが分かる。やはり、高解像度の高い計算の方が、観測値に対する計算値の瞬間的なずれは小さくなるようだ。図-4.3.3 では、観測高度が高くなるにつれて相関が高くなっていくこと分かる（ただし 200m を除く）。上空は地表近くほど観測地付近の地形の影響を受けないので一般に MM5 の計算精度は向上する。また、1km 格子の方が精度が良いことが分かる。図-4.3.4 には、鉛直風速分布が示してあるが、高度別の正確な比較を行うために、観測高度のひとつにでも欠測値が存在する時間の観測値および計算値は除いて平均化してある。というのは、観測期間のすべてのデータを平均化してしまうと、各高度の有効データ数が異なるため、単純に鉛直層ごとの比較が行えなくなるからである。図より、平均風速が明らかに過大評価であることが分かる。1km 格子と 3km 格子での MM5 計算値には違った傾向が見られるが、どうしてこのような違いが生じたのかは今のところ不明である。どちらかと言えば 3km 格子による計算値の方が自然な変化の傾向がある。

次に観測値に対する 1km 格子と 3km 格子の風向のバイアスを図-4.3.5 に、RMS 誤差を図-4.3.6 に示す。図-4.3.5 では、高高度になるほど着実にバイアスが低下していることが分かる。また、3km 格子より 1km 格子の方が格段にバイアス値が低くなっており、風向の精度を向上させるのに高解像度の解析が非常に効果があることが分かる。図-4.3.6 では、RMS 誤差がそれほど低いわけではなく、また高度や解像度の違いによってもさほど変わらないことが分かる。期間全体のバイアスとしては 18 度以下であり、計算値は高い精度を持っていると言えるが、RMS 誤差は 40 度ほどあるので瞬間的な風向まで再現することがいかに難しいことが分かる。



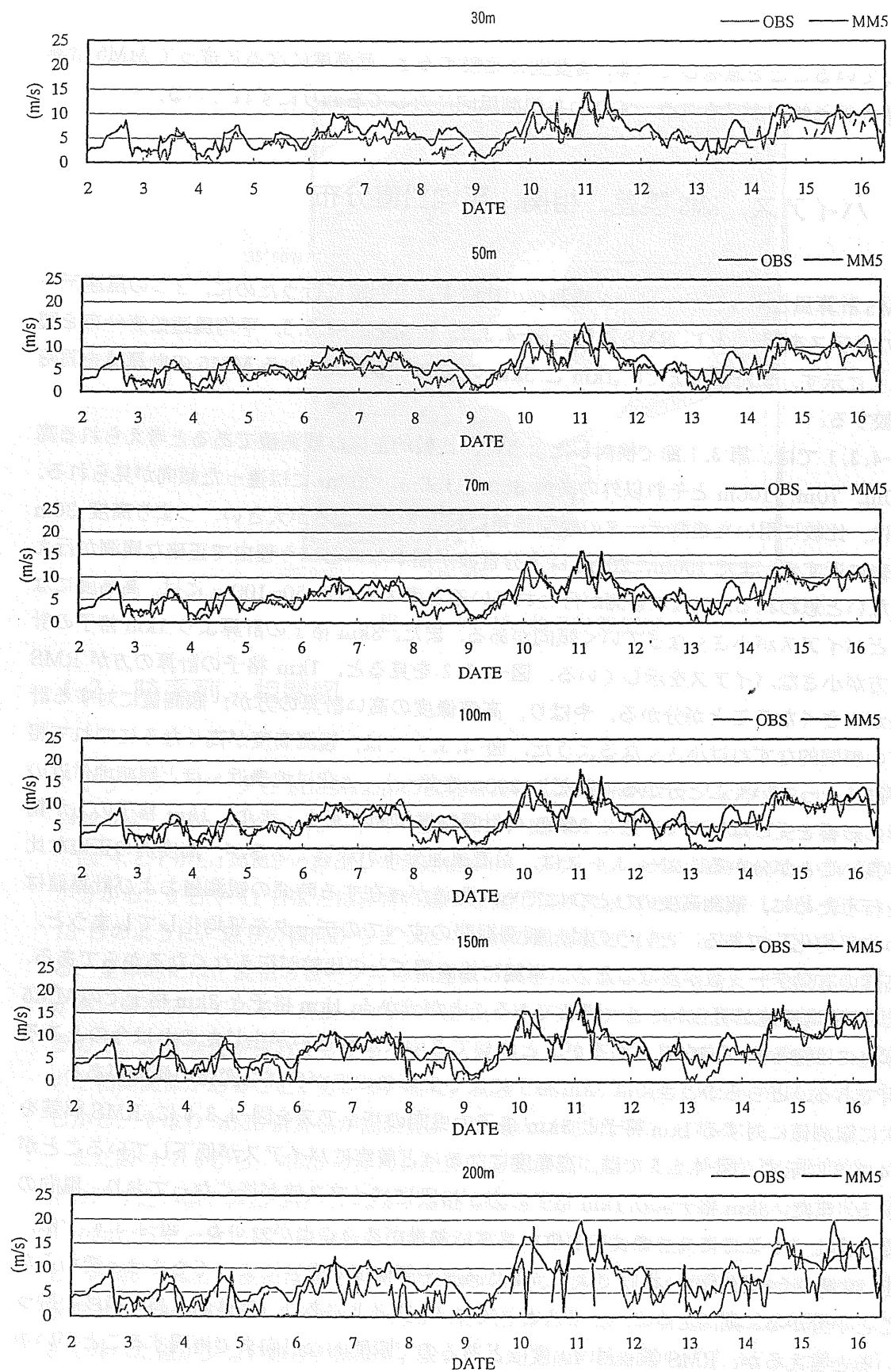


圖-4.2.1 時系列風速

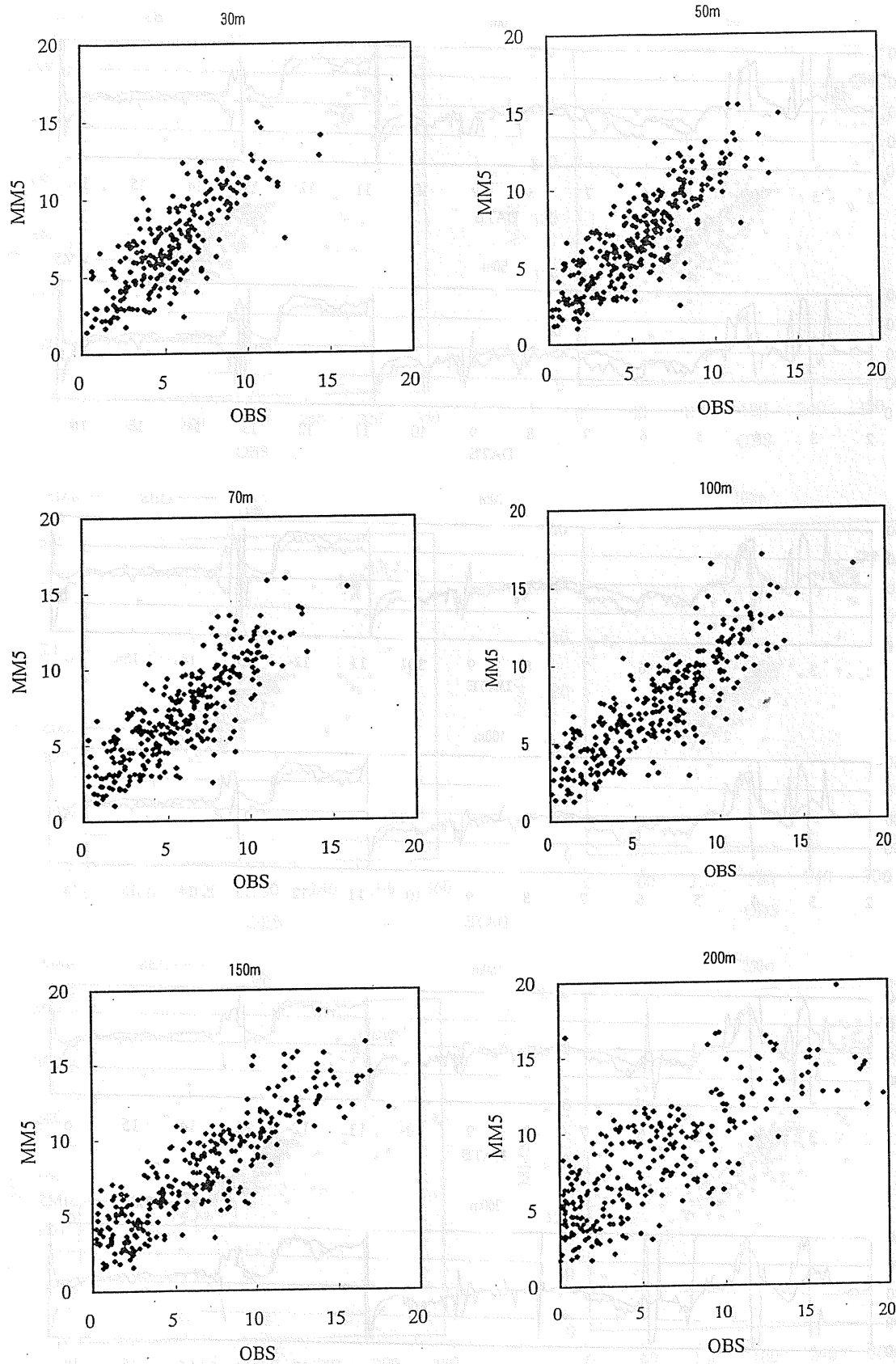


図-4.2.2 風速相關図

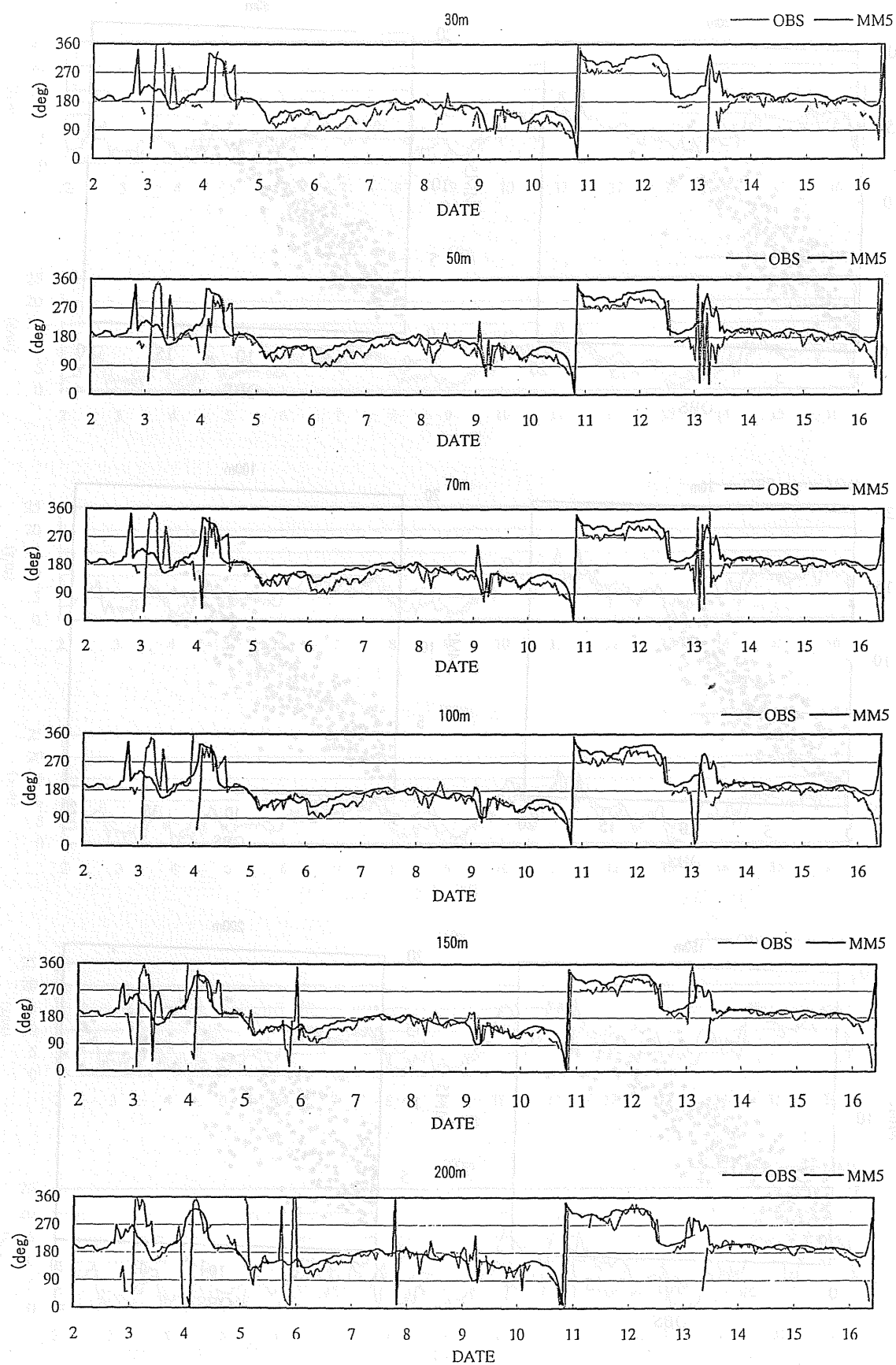


圖-4.3.3 時系列風向



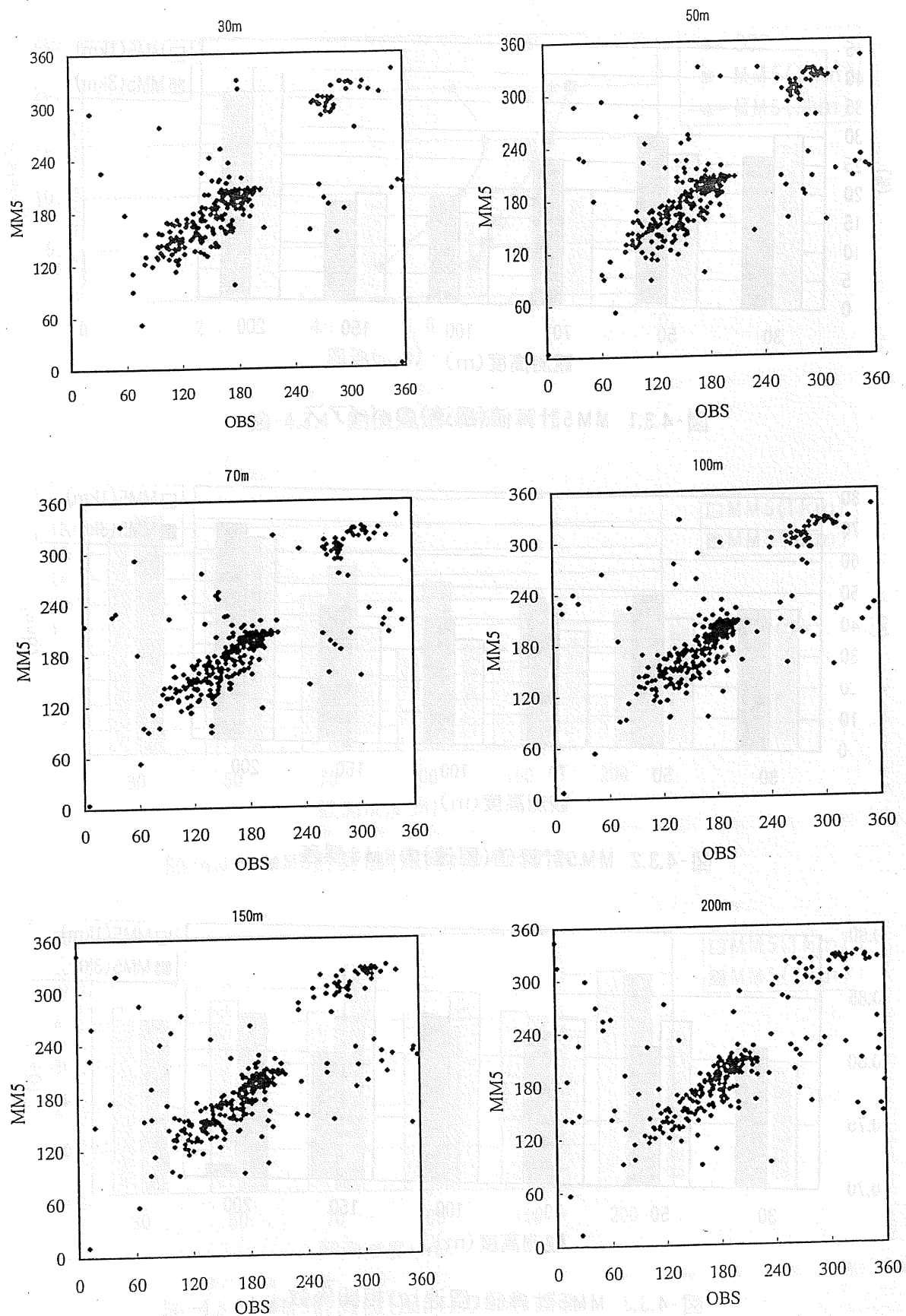


図-4.2.4 風向相関図

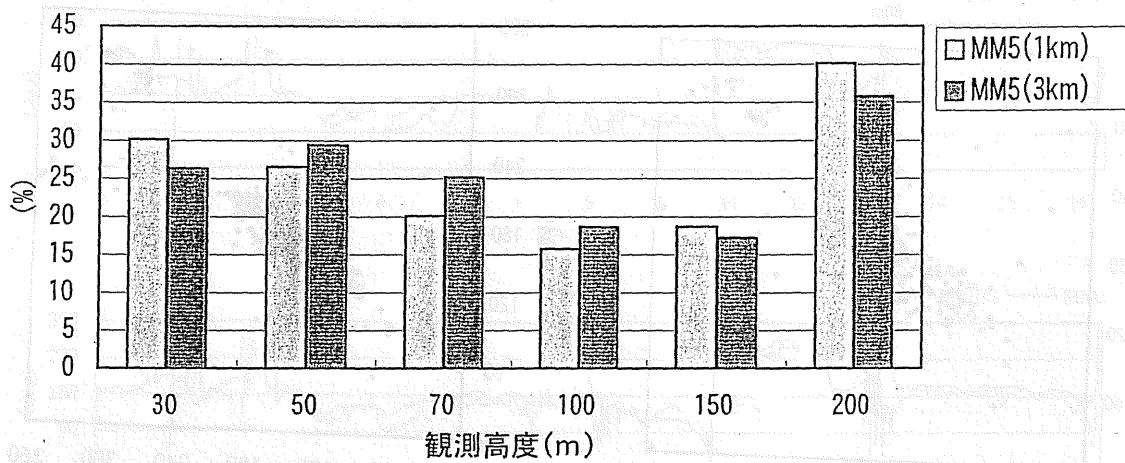


図-4.3.1 MM5計算値(風速)のバイアス

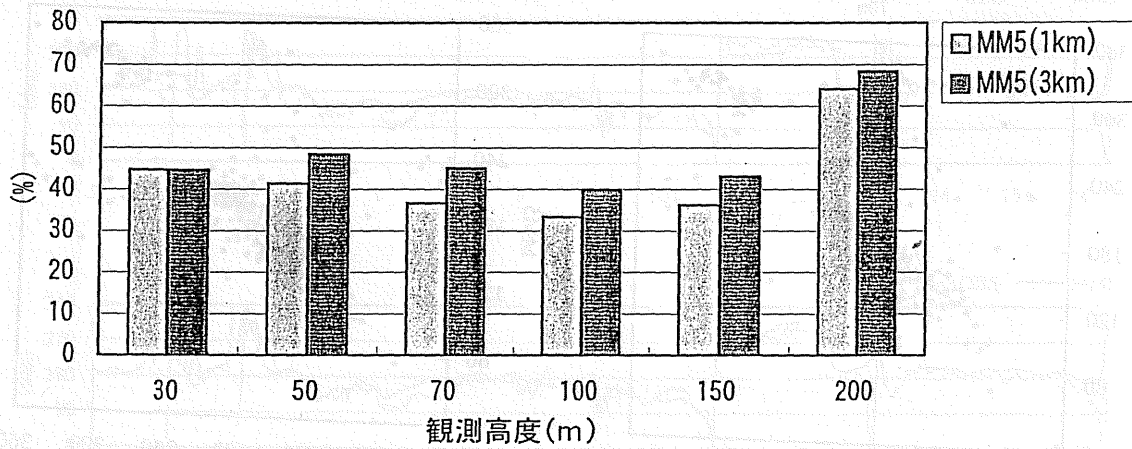


図-4.3.2 MM5計算値(風速)のRMS誤差

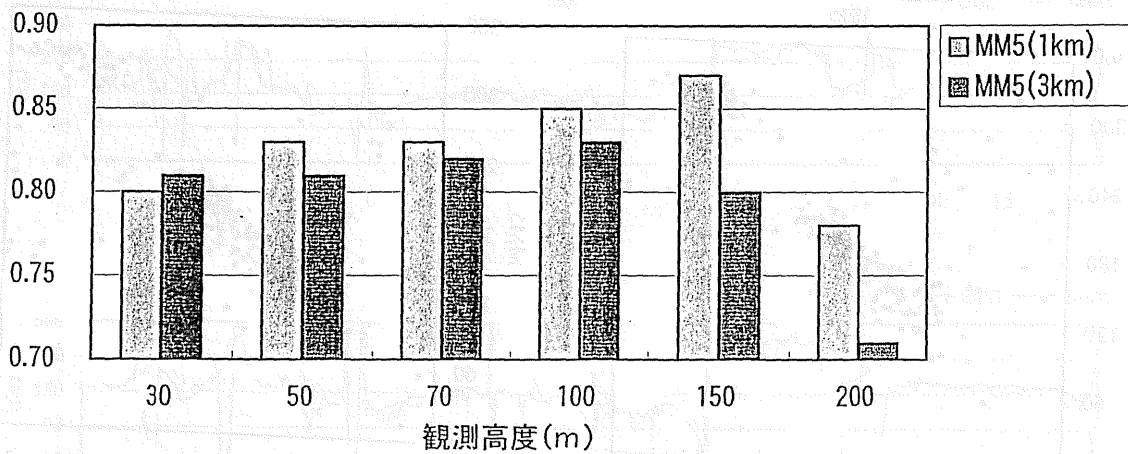


図-4.3.3 MM5計算値(風速)の相関係数

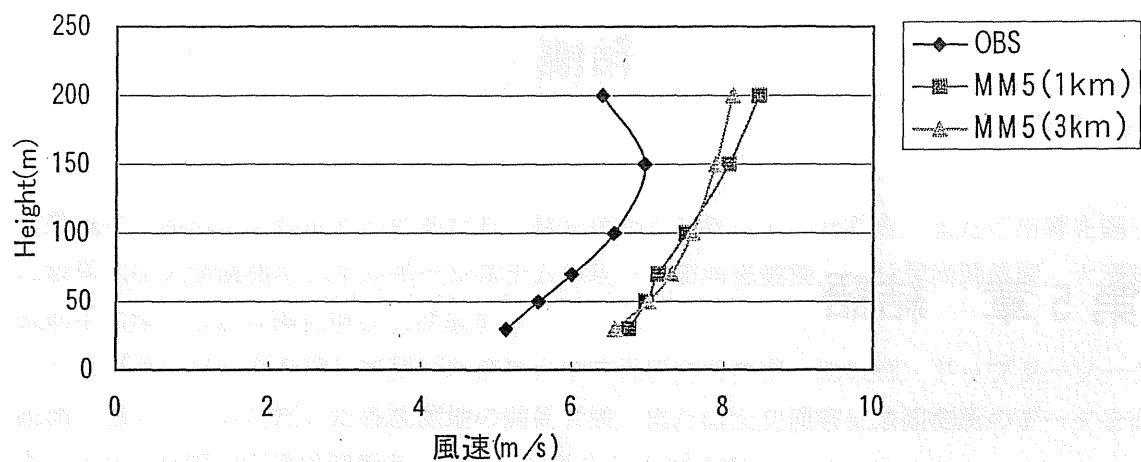


図-4.3.4 鉛直風速分布

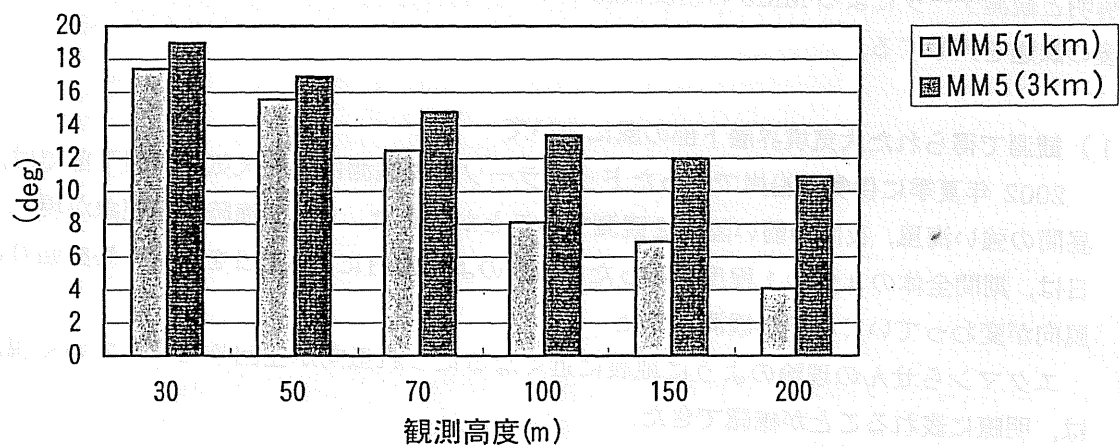


図-4.3.5 MM5計算値(風向)のバイアス

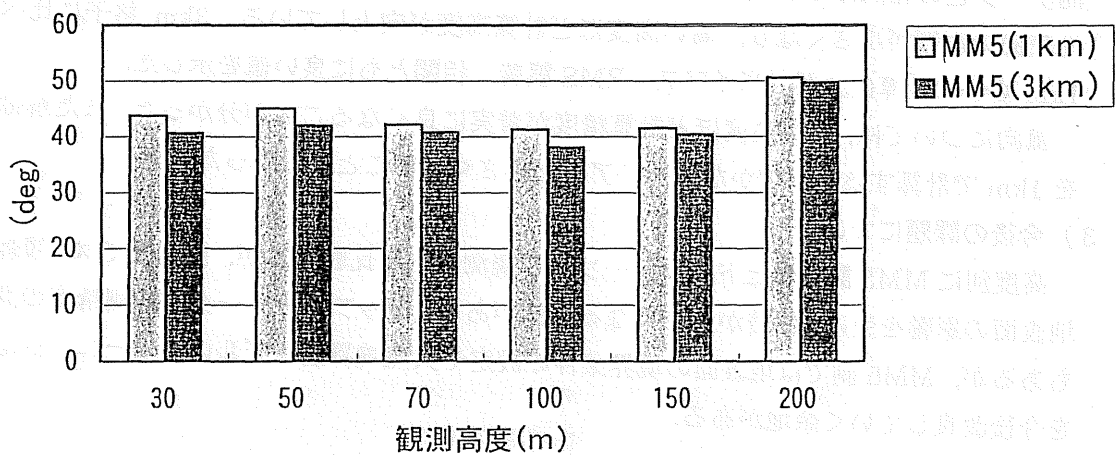


図-4.3.6 MM5計算値(風向)のRMS誤差



## 第5章 結語

本研究では、実際にドップラーソーダによって現地観測を行い、大気境界層下層の風の解明と観測データによる MM5 の精度検証を行った。以下に、本研究で得られた結果及び今後の課題を列挙する。

### 1) 観測で得られた大気境界層下部の風について

2002 年夏季に伊勢湾沿岸で行ったドップラーソーダ観測により大気境界層下部では、昼間の強い海風、夜間の弱い陸風を観測することができた。また、海陸風の現象が現れる日は、期間全体の 4 分の 1 程度であったが、そのような日には、1 日を通して時計回りに風向が変わっていく様子が観測された。

エクマンらせんの理論のように地表に近くなるにつれ風向が左回りにずれていく現象は、明瞭に表れることが確認できた。

### 2) MM5 の精度について

MM5 の計算風速は、最も誤差が小さい高度 100m でも 15% 程度過大評価であるが、観測データとの相関は 0.8 を超え、風速変化のトレンドはうまく再現できている。上空では地表面の影響が小さくなり、高い高度ほど計算高度が向上している。3km 格子に比べて 1km 格子の計算の方が、バイアス、RMS 誤差、相関ともに良い値を示した。

風向については、高い高度ほど計算精度が着実に良くなることが分かった。また解像度を 1km で計算することでかなりバイアスが小さくなることも分かった。

### 3) 今後の課題について

高度別に MM5 計算値とドップラーソーダ観測値との比較したが、低高度では、複雑な地表面の影響を受け、誤差が大きくなる傾向があり、ドップラーソーダの観測精度の問題もあるが、MM5 側では地表面の境界条件の設定や大気境界層モデルのチューニングなどを今後改良していく余地がある。

## 謝辞

参考文献

最後に、本論文を作成するにあたり、終止暖かく見守っていただき、またご指導を賜った岐阜大学大学院環境エネルギーシステム専攻 安田孝志教授、小林智尚助教授、大澤輝夫助手に深く心より御礼申し上げます。

ドップラーソーダを貸して頂いた京都大学防災研究所林泰一助教授、ドップラーソーダ観測に協力していただいた各観測地の関係者様、また国土交通省気象観測所のデータを提供いただいた国土交通省関係者様に深く御礼申し上げます。

ご助言、ご協力いただいた岐阜大学大学院ならびに同研究室の諸氏に心から感謝します。

## 参考文献

- Grell, G., J. Dudhia and D. Stauffer (1995), A description of the Fifth-Generation of the Penn. State/NCAR Mesoscale Model (MM5). NCAR Technical Note, 122pp.
- Ohsawa, T., K. Fukao and T. Yasuda (2002), Highly accurate simulation of the surface wind field over a small bay, Proc. of COASTAL ENVIRONMENT 2002.
- Reisner, J., R. J. Rasmussen and R. T. Brintjes (1998), Explicit forecasting of supercooled liquid water in winter storms using the MM5 mesoscale model, Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 124B, pp. 1071-1107.
- Taiichi Hayashi (2000), A study for the Structure of the Atmospheric Boundary Layer Using a Boundary Layer Radar and a Doppler Sodar, Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, pp. 38-44.
- Zhang, D.-L. and R. A. Anthes (1982), A high-resolution model of the planetary boundary layer - sensitivity tests and comparisons with SESAME-79 data, J. Appl. Meteor., 21, pp. 1594-1609.



KPA-1000C

# 車載型ドップラーソーダ 納入仕様書

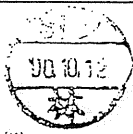
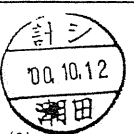
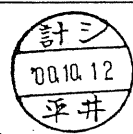
下記返却希望日までに受領印押印の上、本納入仕様書をご返却ください。期限までにご返却なき場合は、提出日に戻って受領されたものとさせていただきます。

返却希望日 年 月 日

## 受領印欄

受 領 日 年 月 日

貴 社 名

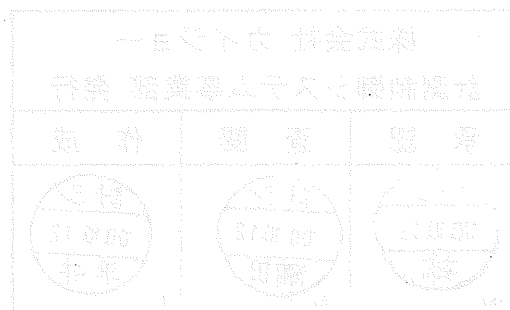
株式会社 カイジョー		
計測制御システム事業部 発行		
承認	査 閲	作 成
 (K)	 (S)	 T

# 目 次

1. 概 要	-----	1
2. 構 成	-----	2
3. 仕 様	-----	4
4. 機器仕様	-----	10

## 添付図

車載型トッパレーダ*系統図	-----	3042981
車載型トッパレーダ*組合わせ外形図	-----	3042985
車載型送受信部筐体 外形図	-----	3042984
車載型屋内ラック 外形図	-----	3042982
車載型送受波器 外形図	-----	3042983
AT1, AT2 ケーブル外形図	-----	4119543
コントロールケーブル外形図	-----	4119545-1
屋内用電源ケーブル 外形図	-----	4122603
屋外用電源ケーブル1 外形図	-----	4122604
屋外用電源ケーブル2 外形図	-----	4122605



## 1. 概 要

フェーズドアレイドップラーソーダは、約200m上空までの、高度別の風向・風速の観測を地上からリモートセンシングするもので、システムは送波器、送受信部、制御部などで構成しています。

観測は、地上の一地点に音波送受信用の送波器を上空に向けて設置し、最大5方向に向けて発射した音波パルスの上空からの後方散乱波を受信します。この受信した各高度からの信号をFFT処理することによりドップラー周波数偏移を検出して、各高度の風速( $U$ )、風向( $\theta$ )、鉛直流( $W$ )およびこれらの標準偏差( $\sigma U$ 、 $\sigma \theta$ 、 $\sigma W$ )を演算処理します。また、演算結果はCRTディスプレイに出力すると同時にデータ収録します。



2. 構成

品 名	仕 様	数 量	備 考
1) AT-1016型アンテナ (取り外し品) ・ AT1ケーブル ・ AT2ケーブル ・ アンテナシート ・ シートカバー金具 ・ 固定用ワイヤー	607214 _____ 3002559 (5m) 3003275 (5m) 242146 3007931	1 台 1 本 1 本 1 枚 1 式 1 式	トラック荷台 に固定
2) 屋内ラック部 (取外し品) ・ 液晶ディスプレイ ・ AR-1000型制御部 ・ 制御部用キーボード ・ MOディスク ・ UPS電源 ・ ノイズカットトランス ・ 屋内用電源ケーブル	3007456 _____ RDT-142S 4083414 JKB-112S MK-230KG YUMIC-SC10R NUC-500 4122529 (3m)	1 式 1 台 1 台 1 台 1 台 1 台 1 本	トラック後部 座席に固 定
3) AP-1000型送受信部 (取外し品) ・ PU-1000型電源	3007457 _____ 4083415	1 台 1 台	トラック荷台 に固定
4) 屋内-屋外間接続ケーブル ・ コントロールケーブル ・ 屋外用電源ケーブル1 ・ 屋外用電源ケーブル2	_____ 3002557C-1 (5m) 4122530 (100m) 4122531 (100m)	1 式 1 本 1 本 1 本	

品 名	仕 様	数 量	備 考
5) データ送信部 (観測局) ・ 通信ユニット ・ 接続ケーブル ・ 電源ユニット	モバイルターミナル96F2	1 式 1 台 1 本 1 台	
6) 補用品 (取外し品) ・ アングルレベルメータ ・ プラスドライバー ・ マイナスドライバー ・ モンキー ・ 六角レンチ ・ ヒューズ ・ ヒューズ ・ バックアップディスク ・ テーブルタップ ・ 予備フィルタ	4081541  A7028-J P. 2-100 (600) 6-100 (600) (W-210-250) (W-92) 3A 10A Ver. 3.0 WH2471HPK 4081541A	1 式  1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 2 個 2 2 個 1 枚 1 個 1 組	

### 3. 仕様

#### (1) 測定仕様

項 目	仕 様
測定方式	音波を用いたリモートセンシングによる3または5方向フェーズドアレイ方式（方向選択可）
測定項目	1) 高度別平均風向（ $\theta$ ），風速（ $U$ ） 2) " 成分風速（ $V_x$ ， $V_y$ ， $W$ ） 3) " 標準偏差（ $\sigma_w$ ， $\sigma_u$ ， $\sigma_\theta$ ）
信号処理方式	受波スペクトル検知によるドップラーシフト量検出方式（FFT処理による）
高度分解能	20 [m] 以上（送信パルス幅による）
風速演算精度	
水平成分	0.3 [m/s] 以下 または 風速の 5 [%]
鉛直成分	0.2 [m/s] 以下 または 風速の 5 [%]
風向演算精度	5 [deg]
表示分解能	
水平風速	0.1 [m/s]
鉛直風速	0.01 [m/s]
水平風向	1.0 [deg]
測定天候条件	積雪・凍結の恐れのある降雪時は観測不可 (アンテナ部の積雪・凍結は機器の破損につながるため、付属のアンテナシート等により必ずこれを防ぐこと)



(2) 送受信仕様

項 目	仕 様
送受信方式	単パルス／広域パルス 送信
送信周波数	2100 [Hz] (固定)
送信最大出力	1100 [W]max (10段階に設定可能)
送信パルス幅	10 ~ 350 [msec] (送信方式 および 繰返し間隔による)
送信繰返し間隔	3, 4, 5, 6, 10 [sec]

## (3) 表示仕様

項 目	仕 様
テーブル画面	1) ビーム軸風速 2) 水平風速 3) 水平風向 4) 鉛直風速 5) 水平乱流風速 6) 水平乱流風向 7) 鉛直乱流風速 上記項目を設定高度別に表示
スペクトル画面	設定高度別の受波信号スペクトル (1 高度または3 高度同時に表示)
B スコープ画面	受波信号の高度ごとの強度分布
プロファイル画面	1) 水平風速 2) 水平風向 3) 鉛直風速 4) 水平乱流風速 5) 水平乱流風向 6) 鉛直乱流風速 上記項目の高度別変位
OK モニタ	1) 本システムのコード 2) 本システムのバージョン 3) 送受信部のシステムチェック結果 4) 送受信部のメモリーチェックの結果 5) 送受信部の通信バスのチェック結果 6) MO ディスクのチェック結果 7) ハードディスクのチェック結果

## (4) 設定仕様

項 目	仕 様
送信間隔	3, 4, 5, 6, 10 [sec]
平均化時間	1 ~ 30 [min] (1min単位で指定)
データ収録時間	1 ~ 30 [min] (テプファイルのみ。1min単位で指定)
高度レンジ	(*) 30 (min) ~ 700 (max) [m] (1m単位で指定)
測定高度数	(*) 32 (max)
送信パルス幅	(*) 10 (min) ~ 350 (max) [msec] (指定幅より選択)
パルスパターン	単パルス／広域パルス より選択
アンテナ方位角	0 ~ 360 [°]
アンテナ傾斜角	20 ± 10 [°] (20° 標準)
運転の自動制御	測定時間を指定  (毎時運転または24時間中1回の運転指定が可能)
自己リセット機能	約60秒間処理が停止すると自己リセットを実施します

## 設定内容の詳細(\*)

送信間隔(秒)	パルスモード	高度レンジ(m)	高度数	パルス幅(msec)
3	単(Mono)	30 ~ 300	9	30 ~ 300
	広域(Ex)	—	—	—
4	単(Mono)	30 ~ 400	12	40 ~ 320
	広域(Ex)	—	—	—
5	単(Mono)	30 ~ 500	16	50 ~ 350
	広域(Ex)	30 ~ 400	16	40 ~ 320
6	単(Mono)	30 ~ 700	16	50 ~ 350
	広域(Ex)	30 ~ 500	16	50 ~ 350
10	単(Mono)	30 ~ 700	32	50 ~ 350
	広域(Ex)	30 ~ 700	32	50 ~ 350

注) 測定可能高度は、環境条件(気象条件や騒音レベルなど)により異なる。

下限高度は20mから設定可能であるが、地上物による残響などのためそれ以上になる場合が多い。



## (5) 出力仕様

項 目	仕 様
ファイル収録	(1) テープファイル (XXX0000.DAT) (2) スペクトルファイル (YYY0000.DAT) (3) ファクシミリ (Bスコプ) ファイル (AAA0000.DAT) (4) CSV形式テープファイル (ZZZ0000.DAT)
収録間隔	(1) テープファイル: パラメータで指定 (2) スペクトルファイル: 平均化時間に準じる (3) ファクシミリ (Bスコプ) ファイル: 1 サイクルに 1 度 (4) CSV形式テープファイル: テープファイルと同じ

## (6) 消費電源・電力

項 目	仕 様
屋内電源	単相 AC100 [V] 50/60 [Hz] 350 [VA]
屋外電源	
受信用	単相 AC100 [V] 50/60 [Hz] 350 [VA]
送信用	単相 AC100 [V] 50/60 [Hz] 1 [KVA] (送信時)

(7) ファイル収録仕様

ファイル収録は光磁気ディスク (MOD) に収録されます。

項目	仕様
収録先	AR-1000型制御部に接続されたMOD
接続法式	SCSI接続
記録媒体	3.5型 230Mbyte 光磁気ディスク
収録出来ない場合	収録先を内蔵ハードディスクドライブ (HDD) に変更
収録内容	標準で作成される4種類のデータファイル
収録期間例	(送信方向 5、送信間隔 5秒、観測高度 12、 毎サイクル収録)  約 27日 (1日 約 8.8 Mbyte)

#### 4. 機器仕様

##### (1) 送受波器(AT-1016)仕様

項目	仕様
外形	縦横：約2500×2500mm、高さ：約2000mm 質量：約500kg
素子	5W 折り返し型スプーカ、216個
水平調整範囲	水平±6度 (調整用ジャッキ 1式 付属 1式)
遮音板	高さ：約 640mm、折畳み式

##### (2) 送受信部(AP-1000)仕様

項目	仕様
外形 (W×D×H mm)	680×1020×880
質量	135kg
受信方式	スーパーヘテロダイン方式
受信アンプ方式	マルチチャンネル位相合成アンプ
送受信切り替え方式	水銀リレー接点切り替え方式

(3) 屋内ラック部 仕様

項目	仕様
外形 (W×D×H mm)	500×600×900
質量	約 20kg
オプション	超音波風速計 (DA-600) 組込み可能

1) 制御装置 (AR-1000)

項目	仕様
観測条件の設定 ・ 変更	送信周波数、パルス幅、送信間隔、送信出力、他
運転の自動制御	(1) 毎時運転または 24 時間中の任意時間間隔での測定時間の自動制御
信号処理方式	CPUおよび高速演算 コプロセッサ による デジタル処理方式
トランスミッター 検出方式	1024点 FFTを用いた パワースペクトル 検知による方式
CPU	i 80486DX4 相当 以上
必要記憶容量 (ベース)	640 KB
記憶装置	3.5インチ光磁気ディスク (230MB、SCSI方式による接続)
システムソフトウェア	PC-DOS
アプリケーションソフトウェア	(1) 測風データの印字出力とディスク収録 (2) 受波信号強度のディスク収録 (3) 測風データ と受波信号スペクトル のカーグラフィック 描画 (4) 受波信号強度のカーグラフィック描画と濃淡印字出力 (5) ディスク収録データのオフライン 読出しとグラフィック描画



## 2) 無停電電源装置

項目	仕様
運転方式	常時インバータ方式
出力電圧	AC100 V $\pm$ 3%
出力容量	600 VA
バックアップ時間	5分間
バッテリー	高性能シール鉛電池

## 3) キーボード (JSK-112B)

項目	仕様
型式	日本語 112 キーボード
コネクタ形状	PS/2
ケーブル長	1.5 m

## (4) 表示部 仕様

項目	仕様
外形 (W×D×H mm)	376×80.5×295
質量	約 5kg
液晶部	14.1形 TFTカラー液晶

(5) データ伝送部仕様

1) 監視局

項目	仕様
必要機器	DOS/V系パソコン、モデム
使用回線	NTT回線（外部携帯電話に接続できること）
遠隔操作内容	観測プログラムのパラメータ設定変更  収録データの伝送  AR-1000のリセット

注1) 弊社納入品には監視局システム（伝送プログラム除く）は含まれません。

2) 観測局

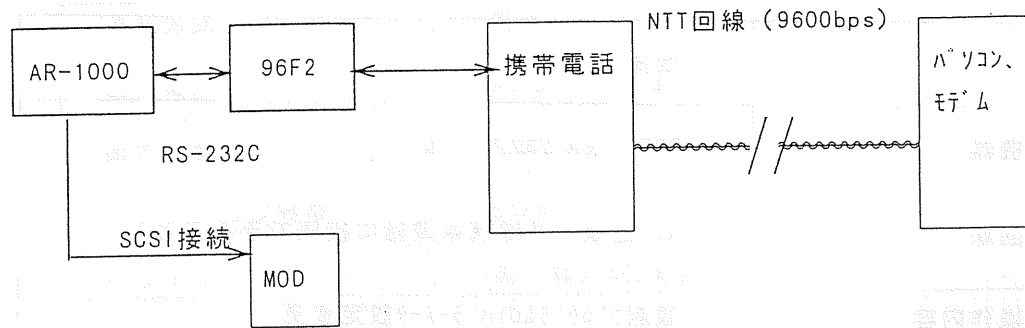
項目	仕様
使用回線	NTT回線（携帯電話を使用）
伝送速度	9600 bps

注1) 弊社システムに携帯電話及びその電源は含まれません。別途、株式会社 NTTデータ製品を準備願います。

注2) 通信速度の制限から、接続は観測待機中に行うことを推奨します。

[観測局]

[監視局]



KPA-1000C システム

データ伝送部 系統図

観測局

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

監視局

データ伝送部

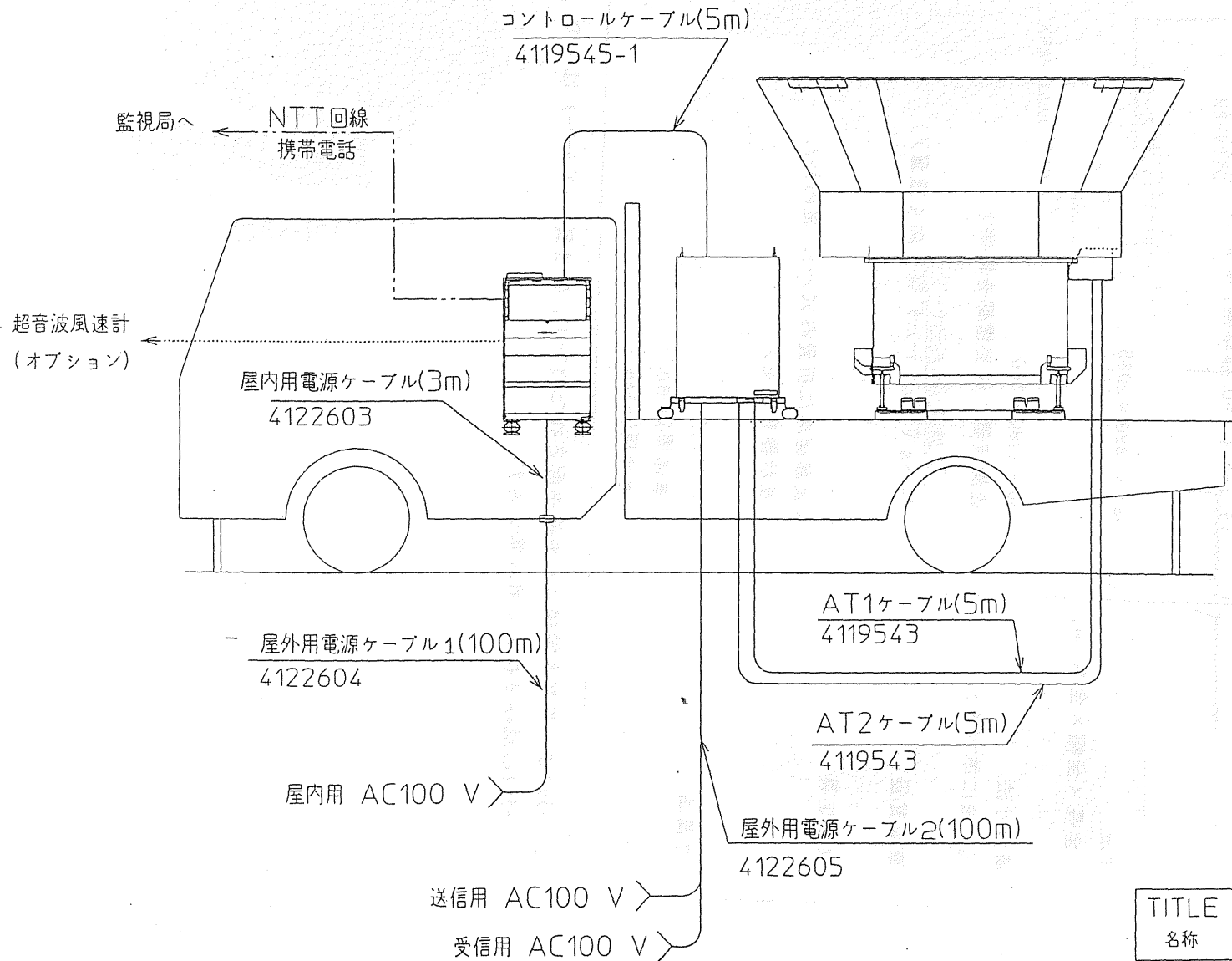
監視局

(6)トラック仕様

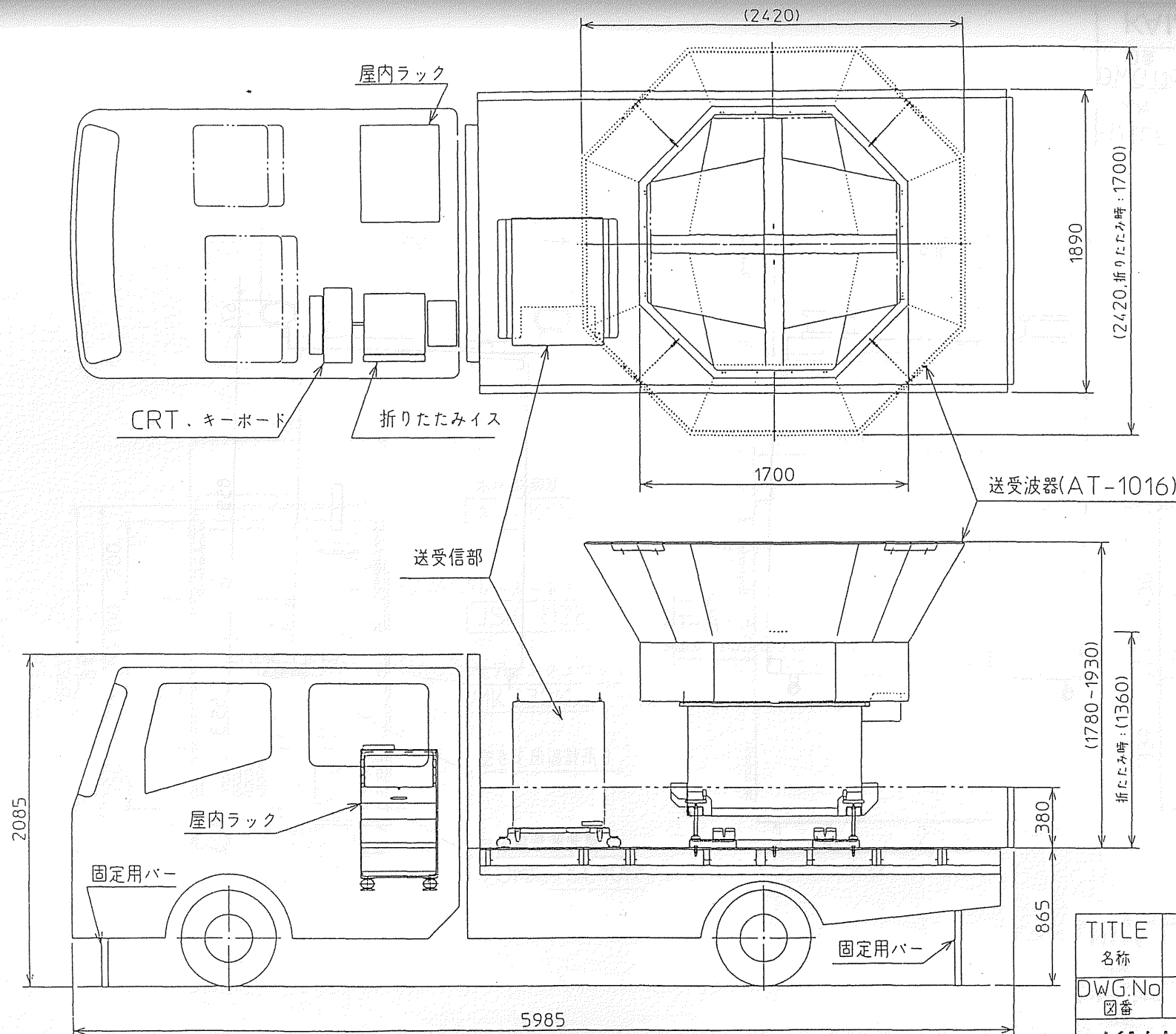
項目	仕様
トラック型式	日野自動車株式会社 製品 2tトラックを改造 (ディーゼル 2WD 標準幅ダブルキャブ XZU347M-PQPM5)
寸法 (全長×全幅×全高 mm)	5985×1890×2085
荷台寸法 (寸法に準ずる)	3350×1790×380 (送受波器、送受信部を固定)
車両質量	2770 kg (トッパラーソーダ等を除く重量)
乗車定員	4 人 (後部座席に折畳み式シート、屋内ラック、 表示器を固定)
付属品	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ルーフキャリヤ</li> <li>・車体固定用ハー</li> <li>・荷台用シートカバー</li> </ul>

注1)トラックは、京都大学様より別途手配された物です。弊社製トッパラーソーダはそのトラックと組み合わせて納入致します。





TITLE 名称	車載型ドップラーソーダ 系統図
DWG.No 図番	3042981
KAIJO CORPORATION	



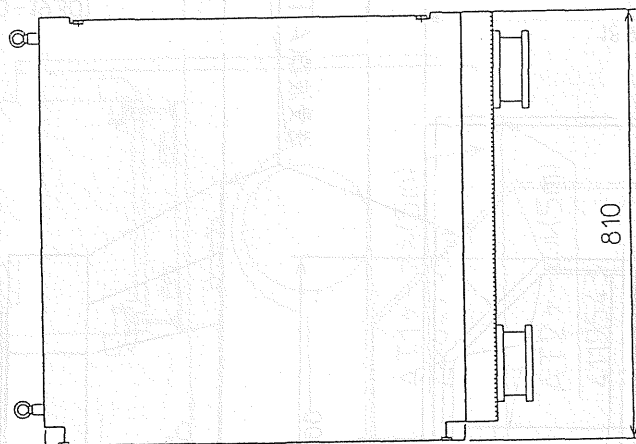
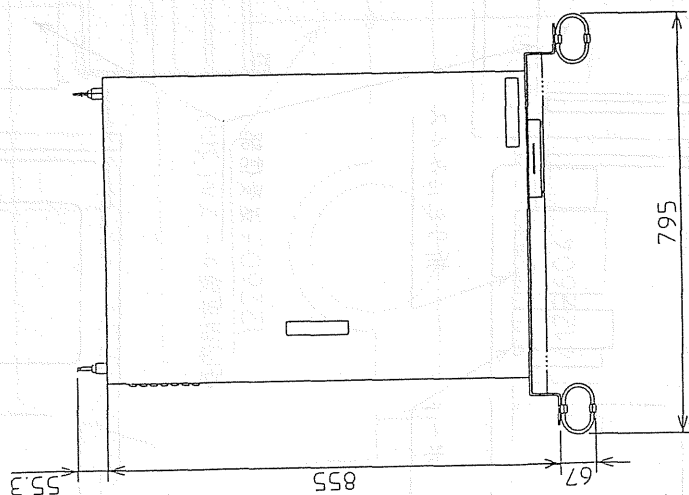
TITLE	車載型ドップラーソーダ
名称	組合せ外形図
DWG.No	3042985
図番	
KAIJO CORPORATION	

KAIJO CORPORATION

3042982

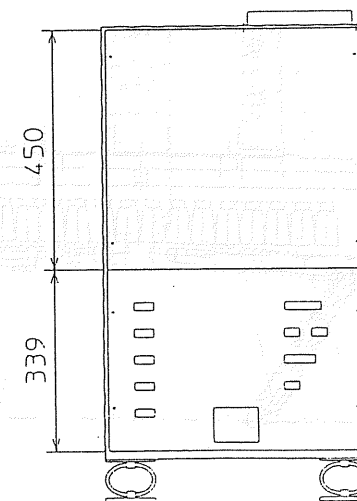
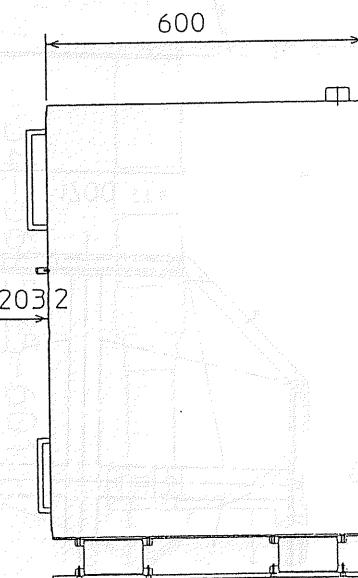
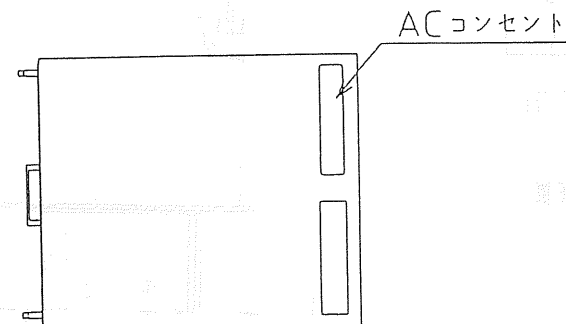
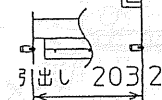
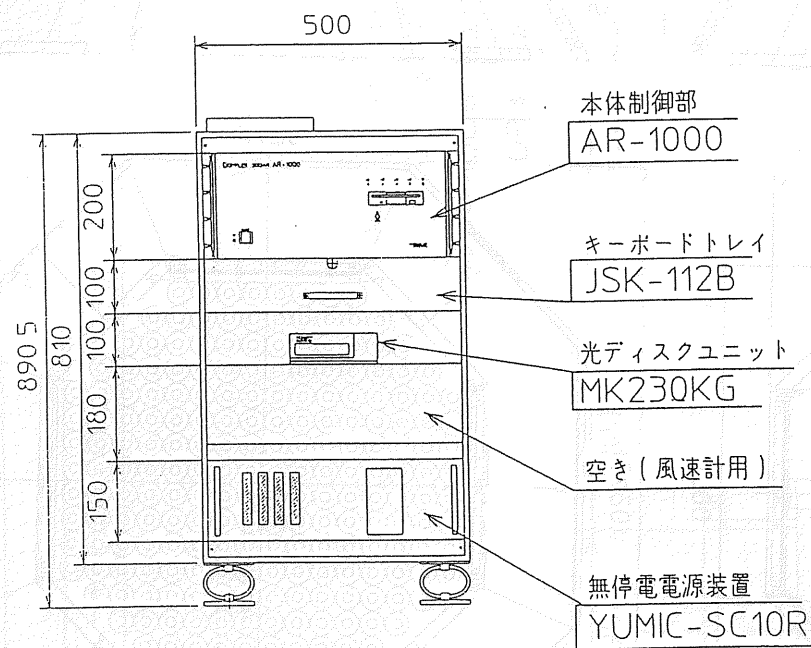
商号名称図

車載型送受信部筐体



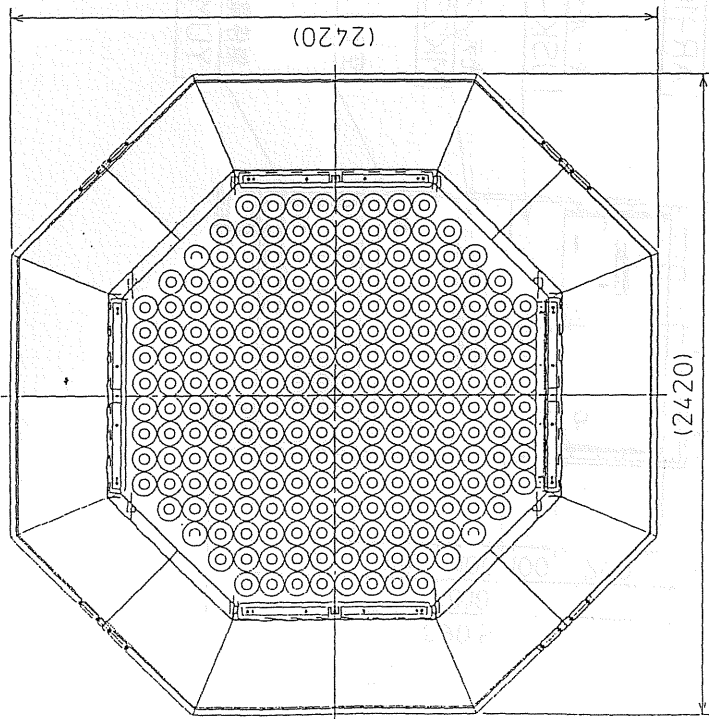
概算質量: 145kg

TITLE 名称	車載型送受信部筐体 外形図
BWG.No 図番	3042984
KAIJO CORPORATION	

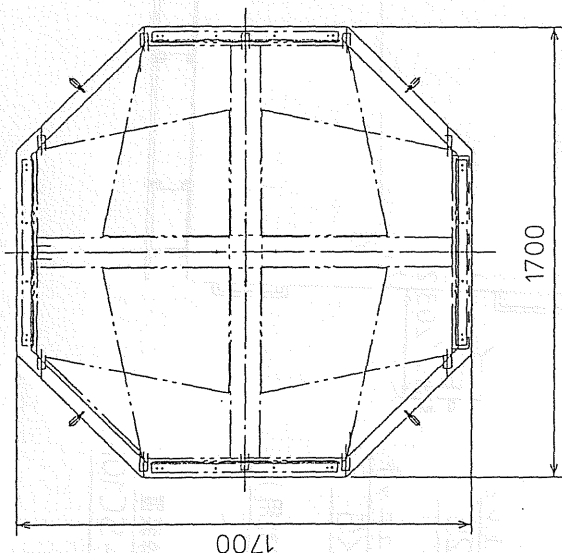


TITLE 名称	屋内ラック 外形図
DWG.No 図番	3042982
KAIJO CORPORATION	

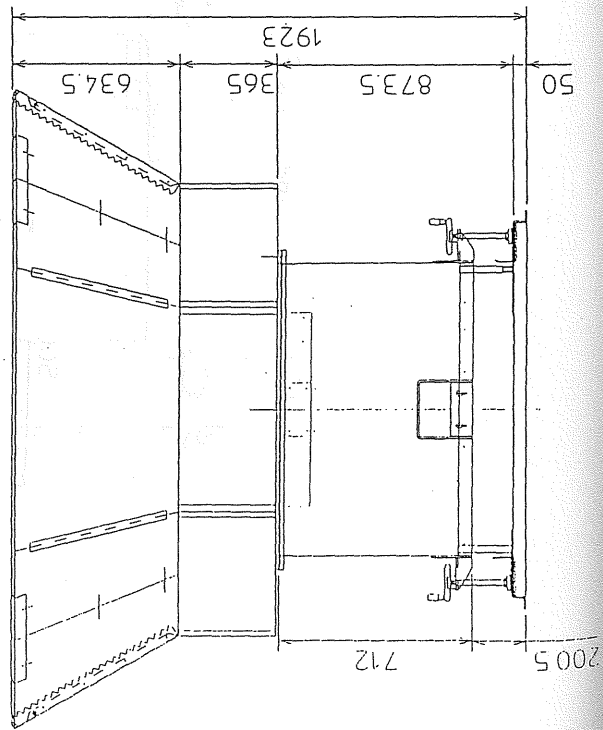
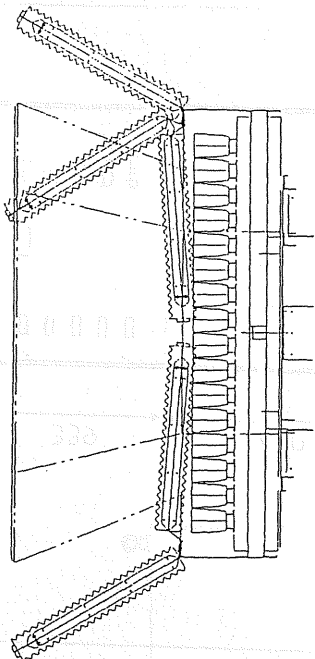




折り畳み時 1

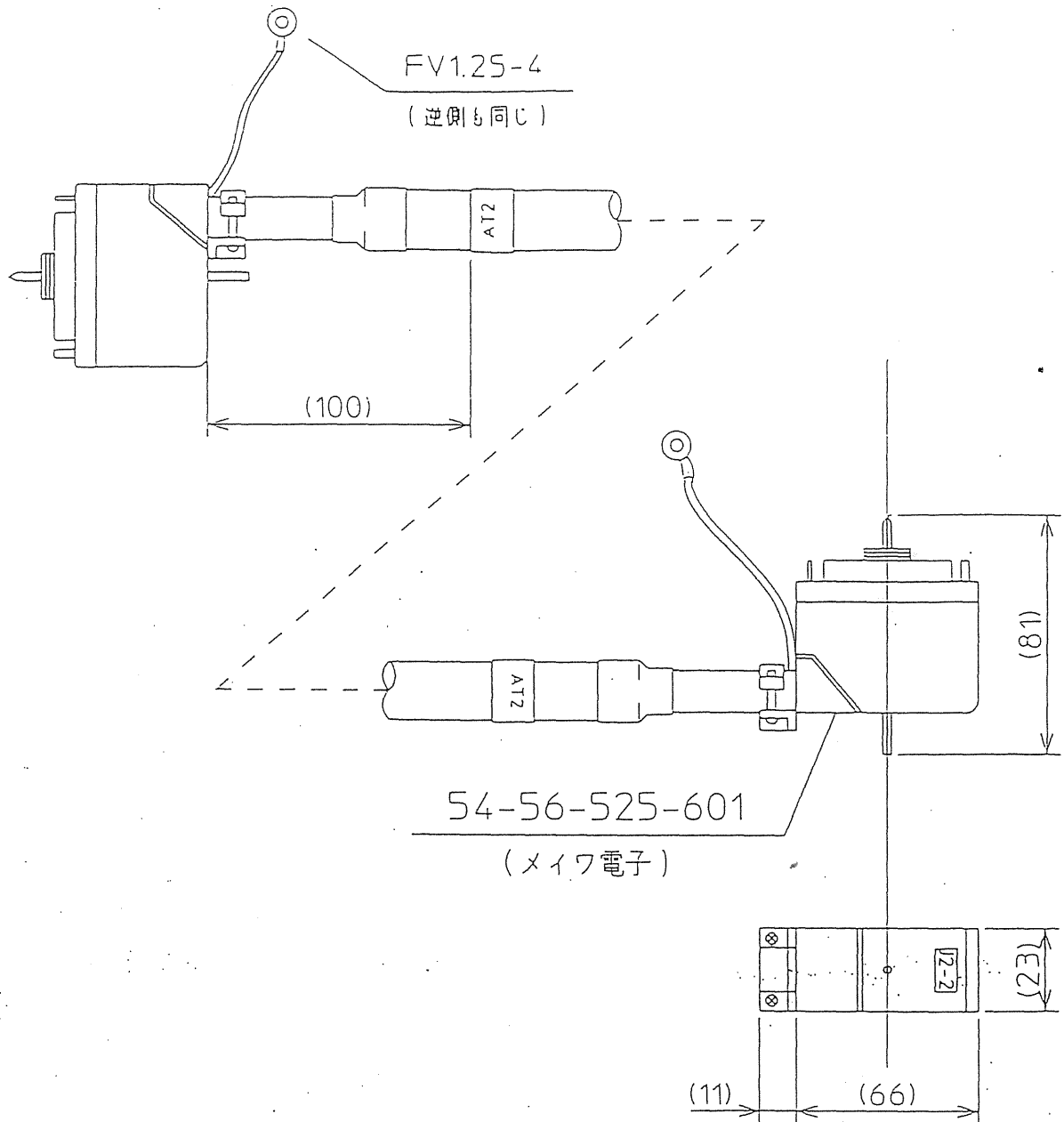


折り畳み時 2



質量 : 約 500kg

TITLE 名称	車載型送受波器 外形図
BWG No 図番	3042983
KAIJO CORPORATION	



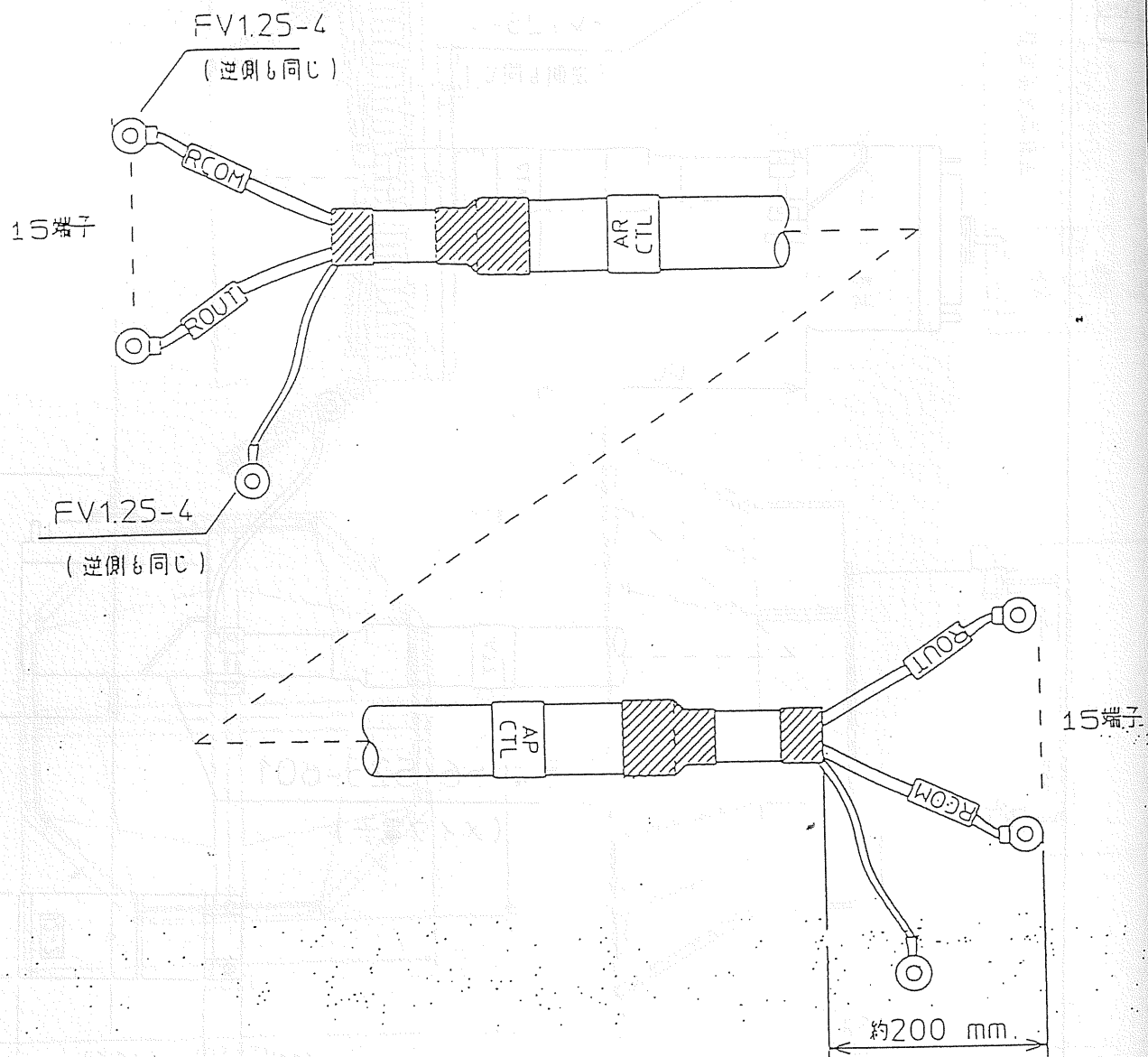
ケーブル外径:  $\phi 20.3$

ケーブル質量: 620kg/1km

ケーブル色: 黒

ケーブル長: 5m

TITLE	AT1,AT2 ケーブル 外形図
名 称	
DWG.No 図 番	4119543
KAIJO CORPORATION	



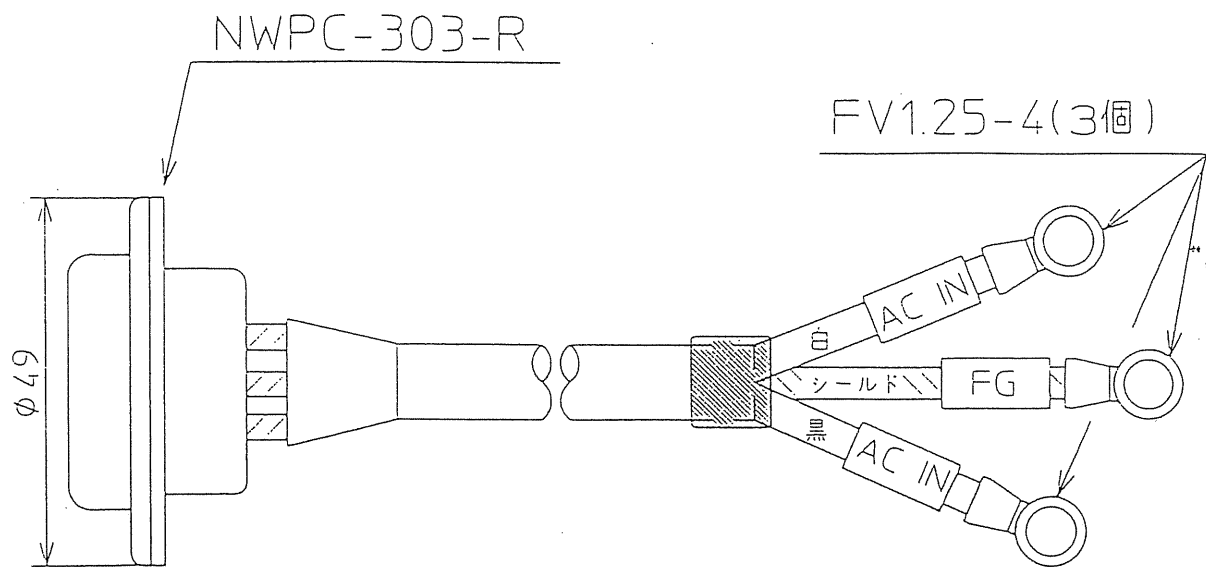
ケーブル外径:  $\phi 20.3$

ケーブル質量: 620kg/1km

ケーブル色: 黒

ケーブル長: 5 . m

TITLE	コントロールケーブル 外形図
名 称	
DWG.No 図 番	4119545 - 1
KAIJO CORPORATION	



ケーブル外径：φ 10mm

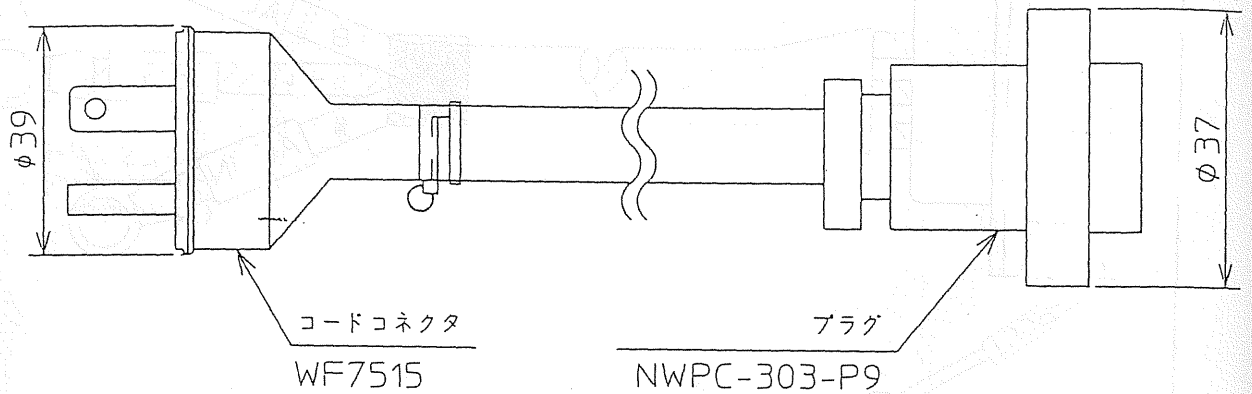
ケーブル色：黒

ケーブル長：3 m

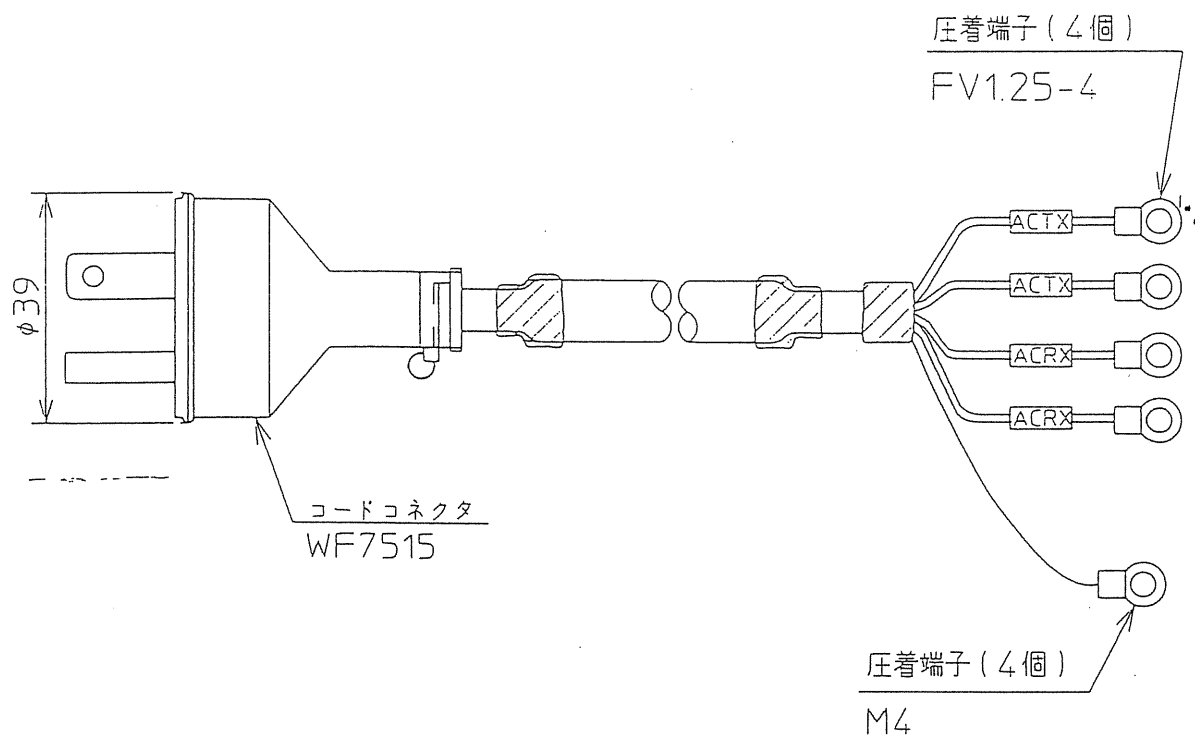
注：レセプタクル (NWPC-303-R) はトラック壁面に埋め込み

TITLE	屋内用電源ケーブル
名 称	
DWG.No 図 番	4122603
KAIJO CORPORATION	





TITLE	屋外用電源ケーブル 1
名 称	
DWG.No 図 番	4122604
KAIJO CORPORATION	



ケーブル外径:  $\phi 18.1$

ケーブル質量: 505kg/1km

ケーブル長: 100m

TITLE	屋外用電源ケーブル2 外形図
名称	
DWG.No 図番	4122605
KAIJO CORPORATION	

納入仕様書 発行・改訂 履歴

[illegible]